

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005 年 9 月 15 日 (15.09.2005)

PCT

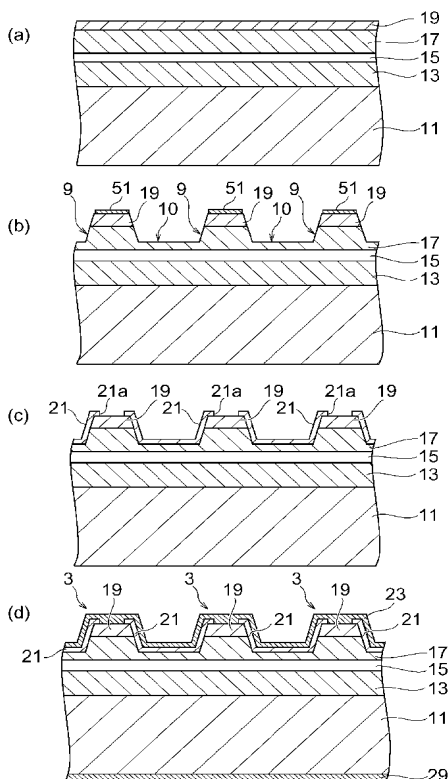
(10) 国際公開番号
WO 2005/086303 A1

- (51) 国際特許分類: H01S 5/22 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/003751 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 宮島 博文 (MIYAJIMA, Hirofumi) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 渡邊 明佳 (WATANABE, Akiyoshi) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 菅 博文 (KAN, Hirofumi) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).
(22) 国際出願日: 2005 年 3 月 4 日 (04.03.2005)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2004-061216 2004 年 3 月 4 日 (04.03.2004) JP
特願2004-202405 2004 年 7 月 8 日 (08.07.2004) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 Shizuoka (JP).
(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA, Yoshiki et al.); 〒1040061 東京都中央区銀座一丁目 1 0 番 6 号銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT AND SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT ARRAY

(54) 発明の名称: 半導体レーザ素子及び半導体レーザ素子アレイ



(57) Abstract: A semiconductor laser element capable of efficiently emitting a laser beam with a small exit angle and having a simple structure. The semiconductor laser element has a structure in which an n-type clad layer, an active layer, and a p-type clad layer are sequentially formed. The p-type clad layer has a ridge portion forming a refractive index waveguide in the active layer. The ridge portion, at least the other portion than the end portions thereof, extends in the direction at an angle θ equal to or smaller than the complementary angle θ_c of the total reflection critical angle at the side surface of the refractive index waveguide with respect to the normals on the end surfaces of the refractive index waveguide agreeing with the light exit surface and light reflection surface. The optical path of the light component resonating in the refractive index waveguide formed of the ridge portion having such a shape is limited only to the optical path on which the light is total-reflected at the side surface of the refractive index waveguide. That is, the laser beam emitted from the light exit end has a spatial transverse single mode, and the width of the waveguide can be increased to further decrease the exit angle of the laser beam.

(57) 要約: この発明は、出射角の小さなレーザ光をより単純な構成で効率よく出射可能な半導体レーザ素子等に関する。当該半導体レーザ素子は、n型クラッド層と、活性層と、p型クラッド層とが順次積層された構造を備える。p型クラッド層は、活性層内に屈折率型導波路を形成するリッジ部を有する。リッジ部は、少なくとも端部を除く部分は、光出射面及び光反射面それぞれに一致した屈折率型導波路の両端面の各法線に対して該屈折率型導波路の側面における全反射臨界角の余角 θ_c 以下の角度 θ で交差する方向に沿って延びている。このような形状のリッジ部により形成される屈折率型導波路内を共振する光成分の光路は、該屈折率型導波路の側面において全反射される光路のみに限定される。すなわち、光出射端から出射されるレーザ光は空間横単一モードとなり、レーザ光の出射角をさらに小さくするために導波路幅を

広くすることができる。

WO 2005/086303 A1



DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

半導体レーザー素子及び半導体レーザー素子アレイ

技術分野

[0001] この発明は、半導体レーザー素子、及び該半導体レーザー素子を含む半導体レーザー素子アレイに関するものである。

背景技術

[0002] 従来から、半導体レーザー素子として空間横シングルモード型とマルチモード型とが知られている。このうち、シングルモード型の半導体レーザー素子では、導波路内における発振モードを単一のモードのみに制限するために、幅の狭い導波路が形成される。しかしながら、導波路の幅が狭いと出射端の面積も小さくなる。また、出射端においてレーザー光密度が過大になると、半導体レーザー素子の信頼性等が影響を受ける。したがって、シングルモード型の半導体レーザー素子は、比較的低出力のレーザー光を用いる用途に適している。なお、このシングルモード型の半導体レーザー素子の例としては、例えば特許文献1に開示された半導体レーザー装置がある。この半導体レーザー装置は、シングルモード型の半導体レーザーであって、導波路の幅を拡張することにより、レーザー光強度を高めることを目的としている。

[0003] 他方、マルチモード型の半導体レーザー素子では、導波路内に複数のモードが混在してもよいと、幅の広い導波路が形成できる。したがって、出射端の面積を大きくすることが可能となり、比較的高い強度のレーザー光を出射することができる。このようなマルチモード型の半導体レーザー素子は、比較的高出力のレーザー光を必要とする用途に適している。

[0004] しかしながら、上記マルチモード型の半導体レーザー素子には、次のような問題がある。すなわち、導波路内に複数のモードが混在するため、出射端から出射されるレーザー光の出射パターンが乱れ出射角が比較的大きくなってしまふ。したがって、このレーザー光を集光又はコリメートするためのレンズの形状が複雑になり、所望のレーザー光が得られなかったり、製造コストが高くなる(レンズが高価)可能性がある。

[0005] 上記マルチモード型の半導体レーザー素子の問題点を解決するための技術としては

、例えば特許文献2に開示された共振器がある。図1は、従来の共振器の構造を示す図であり、領域(a)は、この共振器の構成を示す平面図である。共振器100は、活性層101内に2つの領域102a及び102bを有している。また、図1中の領域(b)には、領域(a)のVII-VII断面及び領域(a)のVIII-VIII断面における屈折率分布が示されている。領域(b)に示されたように、領域102a及び102bにおける屈折率 n_2 は、活性層101の他の領域における屈折率 n_1 よりも低くなっている。また、領域102a及び102bは、出射端100a及び反射端100bにおいて垂直に反射された光Lが該領域102a及び102bの側面にて全反射される角度で活性層101内に形成されている。特許文献2では、このような構成によって、活性層101内で共振する光Lの光路を限定し、導波路幅を制限することなく単一モード発振を実現しようとしている。

特許文献1:特開平10-41582号公報

特許文献2:国際公開第00/48277号パンフレット

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] 発明者らは、従来の半導体レーザ素子について検討した結果、以下のような課題を発見した。すなわち、上記特許文献2に開示された共振器の構成では、活性層101に例えば溝を形成することにより、領域102a及び102bが形成されている。したがって、活性層101内に領域102a及び102bのための溝と電流注入領域とを同時に作り込む必要があるので、構造が複雑となり、多くの製造工程を経る必要がある。また、活性層101への注入電流が導波路外に漏れ易い構造であるため、発光効率や電気・光変換効率が低く抑えられる。さらに、発光効率や電気・光変換効率の低さは、素子の温度上昇につながるため、素子の信頼性が損なわれか、あるいはレーザ光強度が十分高められない可能性がある。

[0007] この発明は上述のような課題を解決するためになされたものであり、比較的高強度でかつ出射角の小さなレーザ光を、より単純な構成で効率よく出射可能な半導体レーザ素子、及び複数の半導体レーザ素子を含む半導体レーザ素子アレイを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0008] 上述のような課題を解決する、この発明に係る半導体レーザ素子は、第1導電型の第1クラッド層と、該第1クラッド層上に設けられた、該第1導電型とは異なる第2導電型の第2クラッド層と、そして、第1及び第2クラッド層の間に設けられた活性層とを備える。さらに、当該半導体レーザ素子は、活性層の一方の端面に一致する光出射面と、該活性層の一方の端面に対向する他方の端面に一致する光反射面を備える。これら光出射面及び光反射面は、互いの中心を通る第1法線及び第2法線が実質的に平行になるよう配置されている。なお、光出射面及び光反射面としては、レーザ光に対する共振面として機能する活性層のへき開面の一部を利用することができ、このように互いに対向するへき開面の法線間の位置関係は、実質的に平行な状態に含まれる。例えば、光出射面及び光反射面は、第1法線と第2法線とが一致した状態（両法線が1つの直線上にある状態）で配置されてもよく、また、第1法線と第2法線とが所定距離離間した状態で配置されてもよい。いずれの場合もリッジ部の形状に依存した配置状態となる。第2クラッド層は、両端面がそれぞれ前記光出射面及び前記光反射面に一致する屈折率型導波路を前記活性層内に形成するためのリッジ部を有する。このリッジ部は、少なくとも両端部を除く部分が、第1及び第2法線それぞれに対して屈折率型導波路の側面における全反射臨界角の余角 θ_c 以下の角度で交差する方向に沿って延びた形状を有する。なお、全反射臨界角とは、屈折率型導波路における側面の法線と該側面に到達する光束の入射方向とのなす角（入射角）のうち、該側面において入射光束が全反射する最小角をいい、その余角 θ_c は $(90^\circ - \text{全反射臨界角})$ で与えられる。この明細書では、以下、全反射臨界角の余角を単に臨界余角という。

[0009] 上述のような構造を有する半導体レーザ素子では、第2クラッド層のリッジ部に電流が注入されることにより、該リッジ部直下に位置する活性層の一部が活性領域となる。このとき、リッジ部とその外部との屈折率差によって、活性層には実効的な屈折率差が生じるため、リッジ部の平面視形状（リッジ部を第2クラッド層の厚み方向から見た形状）に沿った形状の屈折率型導波路が形成される。また、このとき、リッジ部の少なくとも両端をのぞく部分が、第1及び第2法線（光出射面の中心を通る法線と光反射面の中心を通る法線）に対して屈折率型導波路の側面における臨界余角 θ_c 以下の

角度で交差する方向に沿って延びた形状を有するので、リッジ部の形状に対応した形状の屈折率型導波路が活性層内に形成される。このとき、光反射面において該光反射面の法線(第1法線)に沿って反射された光は、屈折率型導波路の一对の側面間で全反射を繰り返しながら光出射面に達する。一方、光出射面において該光出射面の法線(第2法線)に沿って反射された光も、同様の光路を辿って光反射面に達する。なお、第1及び第2法線それぞれに所定の軸方向と異なる方向に沿った光は、屈折率型導波路の側面を透過する。

- [0010] このように、この発明に係る半導体レーザ素子によれば、屈折率型導波路の構造上、共振光路を限定することができるため、導波路内でのレーザ発振に関わる光成分の角度が制限される。この結果、導波光の位相が揃って単一モード発振が生じ、さらに、出射されるレーザ光の水平方向の出射角は導波路幅の広がりに伴い小さくなる。また、シングルモード型の半導体レーザ素子のように屈折率型導波路の幅が制限されないので、より高い強度のレーザ光を出射することが可能になる。
- [0011] この発明に係る半導体レーザ素子では、容易に形成可能な第2クラッド層のリッジ部によって、活性層に対して電流が部分的にかつ集中的に注入され、屈折率型導波路外に注入電流が漏れにくい。この結果、この発明に係る半導体レーザ素子によれば、発光効率や電気・光変換効率が従来の半導体レーザ素子と比較して大幅に向上する。また、これによって、素子の温度上昇が効果的に低減されるので、素子の信頼性が向上するとともにより高い強度のレーザ光が得られる。
- [0012] この発明に係る半導体レーザ素子において、上記光出射面及び光反射面の距離や、該第1及び第2法線と直行する方向に沿ったリッジ部の最大幅は、光出射面と光反射面との間で共振する光成分が、屈折率型導波路の一对の側面のそれぞれにおいて同じ回数反射されるよう、設定されるのが好ましい。この場合、共振する光成分が屈折率型導波路の一对の側面のそれぞれにおいて同じ回数反射(全反射)するので、共振する光成分は光反射面及び光出射面の双方において第1及び第2法線に沿って好適に入射／反射することになる。また、共振する光成分が屈折率型導波路の一对の側面それぞれにおいて少なくとも1回ずつ全反射するので、屈折率型導波路内において光出射面と光反射面とを直線で結ぶような光路は存在しない。した

がって、この発明に係る半導体レーザ素子によれば、屈折率型導波路内における共振光路を好適に制限することができる。

[0013] この発明に係る半導体レーザ素子において、リッジ部の光出射面側の端部及び光反射面側の端部のうち少なくとも一方は、第1及び第2法線それぞれに沿って延びた形状であってもよい。この場合、光出射面及び光反射面それぞれにおいて第1及び第2法線とは異なる方向へのレーザ光の出射が効果的に抑制される。

[0014] この発明に係る半導体レーザ素子において、リッジ部の少なくとも両端部を除く部分が延びる方向と、光出射面及び光反射面の各法線とのなす角度 θ は、以下の範囲内に設定されるのが好ましい。

[0015] $\theta_c - 1^\circ \leq \theta \leq \theta_c$

[0016] 角度 θ が上記範囲内に設定されることにより、屈折率型導波路内の共振光路が好適に制限される。この結果、高次横モードが効果的に抑制される。

[0017] この発明に係る半導体レーザ素子において、上記角度 θ は、臨界余角 θ_c と略一致してもよい。この場合、高次横モードがほぼ完全に抑制される。

[0018] また、この発明に係る半導体レーザ素子は、屈折率型導波路内で共振する光成分の波長を選択するための波長選択手段をさらに備えてもよい。屈折率型導波路の側面における臨界余角は、該側面において反射される光成分の波長に依存する。当該半導体レーザ素子によれば、屈折率型導波路内で共振する光成分の波長が波長選択手段において選択されることにより、屈折率型導波路側面における臨界余角のバラツキを無くすか低減することができるとともに、レーザ光の光路を効率よく制限することができる。

[0019] このような波長選択手段は、活性層内に形成される屈折率型導波路の少なくとも一部に沿って設けられた周期的な回折格子によって実現可能である。また、波長選択手段は、光出射面及び光反射面のうち少なくとも一方の面上に設けられた誘電体多層膜によっても実現可能である。さらに、波長選択手段は、光出射面及び光反射面のうち少なくとも一方の面に対面するよう配置された波長選択素子によっても実現可能である。なお、波長選択手段は、上述の回折格子、誘電体多層膜、及び波長選択素子のうちいずれか2つ以上の組み合わせによっても実現可能である。

[0020] 加えて、この発明に係る半導体レーザ素子アレイは、それぞれが上述のような構造を有する複数の半導体レーザ素子を備える。また、これら複数の半導体レーザ素子は、光出射面及び光反射面の各法線と直行する方向に配列された状態で一体的に形成されている。

[0021] 上述のように複数の半導体レーザ素子が一体的に形成された半導体レーザ素子アレイによれば、この発明に係る半導体レーザ素子と同様の構造を有する半導体レーザ素子を備えることにより、比較的高い強度のレーザ光が出射可能であって、該レーザ光の水平方向の出射角が小さく、高い発光効率及び電気・光変換効率がより単純な構造で実現され得る。

[0022] さらに、この発明に係る半導体レーザ素子アレイでは、第2クラッド層のリッジ部によって、活性層に対して電流が部分的にかつ集中的に注入される。そのため、隣り合う屈折率型導波路同士での光の結合や干渉が生じにくい。この結果、各屈折率型導波路同士の間隔を比較的狭くすることが可能になる。これは、より多くの屈折率型導波路を高密度に設けることができ、大出力で安定したレーザ光の出射を可能にする。

[0023] なお、この発明に係る各実施例は、以下の詳細な説明及び添付図面によりさらに十分に理解可能となる。これら実施例は単に例示のために示されるものであって、この発明を限定するものと考えるべきではない。

[0024] また、この発明のさらなる応用範囲は、以下の詳細な説明から明らかになる。しかしながら、詳細な説明及び特定の事例はこの発明の好適な実施例を示すものではあるが、例示のためにのみ示されているものであって、この発明の思想及び範囲における様々な変形および改良はこの詳細な説明から当業者には自明であることは明らかである。

発明の効果

[0025] この発明によれば、比較的高強度で出射角野小さなレーザ光であって、水平方向出射パターンが単峰性であるレーザ光を、より単純な構成で効率よく出射できる半導体レーザ素子及び半導体レーザ素子アレイを提供できる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]は、従来の共振器の構造を示す図である。

[図2]は、この発明に係る半導体レーザ素子の第1実施例が適用された半導体レーザ素子アレイ(この発明に係る半導体レーザ素子アレイの一実施例)の構成を示す概略斜視図である。

[図3]は、図1に示された半導体レーザ素子アレイのI-I断面を示す拡大断面図である。

[図4]は、リッジ部を有するp型クラッド層を含む積層体の構造を示す斜視図である。

[図5]は、図4に示された積層体の構造を示す図である。

[図6]は、図2に示された半導体レーザ素子アレイの製造工程を説明するための拡大断面図である。

[図7]は、リッジ部に対応して活性層内に形成される屈折率型導波路の形状を示す平面図である。

[図8]は、屈折率型導波路の側面に様々な角度 θ_i で入射するレーザ光について説明するための図である。

[図9]は、角度 θ の大きさが許容される範囲を説明するためのグラフである。

[図10]は、第1実施例に係る半導体レーザ素子の電流-光出力特性と、該半導体レーザ素子の光出射端から出射されたレーザ光の水平方向の遠視野像を示すグラフである。

[図11]は、比較例として、従来の共振器の電流-光出力特性と、従来の共振器から出射されたレーザ光の水平方向の遠視野像を示すグラフである。

[図12]は、図2に示された半導体レーザ素子アレイの電流-光出力特性と、該半導体レーザ素子アレイが備える各半導体レーザ素子(第1実施例に係る半導体レーザ素子)のレーザ光出射端から出射されたレーザ光の水平方向の遠視野像を示すグラフである。

[図13]は、この発明に係る半導体レーザ素子の第2実施例において形成される屈折率型導波路を示す平面図である。

[図14]は、この発明に係る半導体レーザ素子の第3実施例において形成される屈折率型導波路を示す平面図である。

[図15]は、この発明に係る半導体レーザ素子の第4実施例において形成される屈折

率型導波路を示す平面図である。

[図16]は、この発明に係る半導体レーザ素子の第5実施例において形成される屈折率型導波路を示す平面図である。

[図17]は、この発明に係る半導体レーザ装置の第6実施例として、活性層内に形成される屈折率型導波路近傍の構成を示す平面図である。

[図18]は、図17に示された第6実施例に係る半導体レーザ素子の断面構造(IV-IV断面の一部)を示す図である。

[図19]は、波長選択手段としての回折格子の製造工程を説明するための図である。

[図20]は、図17に示された第6実施例に係る半導体レーザ素子の断面構造(V-V断面の一部及びVI-VI断面の一部)を示す図である。

[図21]は、図17に示された第6実施例に係る半導体レーザ素子の変形例として、活性層内に形成される屈折率型導波路近傍の概略構成を示す平面図である。

[図22]は、この発明に係る半導体レーザ装置の第7実施例として、活性層内に形成される屈折率型導波路近傍の概略構成を示す平面図である。

[図23]は、この発明に係る半導体レーザ素子の第8実施例として、活性層内に形成される屈折率型導波路近傍の概略構成を示す平面図である。

符号の説明

- [0027] 1…半導体レーザ素子アレイ、1a…光出射面、1b…光反射面、3…半導体レーザ素子、4、41〜44…屈折率型導波路、4a、41a〜44a…レーザ光出射端、4b、41b〜44b…レーザ光反射端、4c、4d、41c〜41f、42c〜42j、43c、43d、44c〜44h…側面、8…積層体、9…リッジ部、9a…第1端面、9b…第2端面、9c、9d…側面、10…薄肉領域、11…基板、13…n型クラッド層、15…活性層、17…p型クラッド層、19…キャップ層、21…絶縁層、21a…開口部、23…p側電極層、25…凸部、29…n側電極層、51…保護マスク。

発明を実施するための最良の形態

- [0028] 以下、この発明に係る半導体レーザ素子及び半導体レーザ素子アレイの各実施例を、図2〜図23を用いて詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0029] (第1実施例)

図2は、この発明に係る半導体レーザ素子の第1実施例が適用された半導体レーザ素子アレイ(この発明に係る半導体レーザ素子アレイの一実施例)の構成を示す概略斜視図である。図2に示されたように、半導体レーザ素子アレイ1は、一体的に構成された複数の半導体レーザ素子3を備える。この半導体レーザ素子アレイ1が備える半導体レーザ素子3の数は幾つでもよく、一つのみ備える場合はアレイではなく単体の半導体レーザ素子となる。半導体レーザ素子アレイ1は、互いに対向する光出射面1a及び光反射面1bを有し、光出射面1a上には複数の半導体レーザ素子3それぞれのレーザ光出射端4aが水平方向に配置されている。また、複数の半導体レーザ素子3それぞれは、リッジ形状に成形された凸部25を有する。凸部25は、その長手方向が光出射面1a及び光反射面1bに対して斜めになるように形成されており、各半導体レーザ素子3には凸部25に対応して屈折率型導波路(後述)が形成される。レーザ光出射端4aは、この屈折率型導波路の光出射面1a側の端面である。一体的に構成された複数の半導体レーザ素子3は、凸部25の長手方向と交差する方向に沿って配置されている。

[0030] 図3は、図2に示された半導体レーザ素子アレイ1のI-I断面を示す拡大断面図である。図3に示されたように、半導体レーザ素子アレイ1の一部を構成する半導体レーザ素子3は、基板11と、3層の半導体層が積層された積層体8とを備える。積層体8は、n型クラッド層(第2導電型クラッド層)13、活性層15、及びp型クラッド層(第1導電型クラッド層)17の3つの半導体層が順に積層されている。p型クラッド層17にはリッジ部9が設けられている。リッジ部9の上部にはp型クラッド層17と電氣的に接続されるキャップ層19が設けられており、リッジ部9とキャップ層19とで凸部25が構成される。

[0031] さらに、キャップ層19の上部には外部からの電流を注入するp側電極層23が設けられている。p型クラッド層17とp側電極層23との間及びキャップ層19とp側電極層23との間には絶縁層21が設けられており、絶縁層21は凸部25の上部に開口部21aを有している。p側電極層23は開口部21aを介してキャップ層19にのみ電氣的に接触するようになっているので、外部からの電流注入はキャップ層19にのみ限定される。

。また、積層体8が設けられている面とは反対側に位置する基板11の面上にはn側電極層29が形成されている。基板11はn-GaAsからなる。n型クラッド層13はn-AlGaAsからなり、活性層15はGaInAs／AlGaAsからなり、p型クラッド層17はp-AlGaAsからなる。また、キャップ層19はp-GaAsからなり、p側電極層23はTi／Pt／Auからなり、n側電極層29はAuGe／Auからなり、絶縁層21はSiNからなる。

[0032] キャップ層19に電流が注入されると、凸部25直下に位置する活性層15の領域(換言すれば、リッジ部9に対応する領域)が活性領域となる。このとき、リッジ部9とその外部との屈折率差によって、活性層15には実効的な屈折率差が生じるため、凸部25に対応して活性層15内に屈折率型導波路4が形成される。

[0033] ここで、図4及び図5を参照してp型クラッド層17の構造を説明する。図4はリッジ部9を有するp型クラッド層17を含む積層体8の構造を示す斜視図であり、図5は図4に示された積層体8の構造を示す図である。なお、図5中の領域(a)は積層体8の平面図、図5中の領域(b)は図5中の領域(a)に示された積層体8のII-II断面を示す断面図である。上述の通り、積層体8では、n型クラッド層13、活性層15、及びp型クラッド層17の3つの半導体層が順に積層されている。

[0034] p型クラッド層17には、光出射面1aから光反射面1bに向かって延びる凸状のリッジ部9が設けられている。p型クラッド層17のリッジ部9以外の領域(薄肉領域10)は、層厚が薄化されている。リッジ部9は、厚さ方向から見た平面形状が、光出射面1a及び光反射面1bの各法線と一致する方向Aに対して角度 θ で交差する方向に沿って延びた平行四辺形となっている。

[0035] リッジ部9は、第1端面9a、第2端面9b、並びに互いに対向する一对の側面9c及び9dを有する。一对の側面9c及び9dは、それぞれリッジ部9と薄肉領域10との境界となっている。第1端面9aは、光出射面1aの上側に位置する。第2端面9bは、光反射面1bの上側に位置する。側面9cは第1端面9aの一端から第2端面9bの一端まで延び、側面9dは第1端面9aの他の一端から第2端面9bの他の一端まで延びている。側面9c及び9dは、厚さ方向から見た平面図において方向Aと角度 θ をなすように設けられている。

[0036] 活性層15にはリッジ部9の形状に対応した屈折率型導波路4が形成される。屈折

率型導波路4は、リッジ部9への電流注入により生じる活性層15内部での実効的な屈折率分布によって形成される導波路である。そして、屈折率型導波路4にはリッジ部9の第1端面9aに対応してレーザ光出射端4aが形成され、リッジ部9の側面9c、9dそれぞれに対応して一对の側面(後述)が形成される。リッジ部9における側面9c及び9dと方向Aとのなす角 θ は、屈折率型導波路4の側面における臨界余角 θ_c に基づいて決定される。ここで、屈折率型導波路4の側面における臨界余角 θ_c とは、屈折率型導波路4の内外の実効的な屈折率差によって規定される全反射臨界角の余角である。後述するように、角 θ は、 $\theta_c - 1^\circ \leq \theta \leq \theta_c$ の範囲内であることが好ましく、さらには $\theta = \theta_c$ すなわち角 θ が臨界余角 θ_c と略一致していることがより好ましい。角 θ が臨界余角 θ_c に基づいて決定されることにより、屈折率型導波路4の一对の側面が、光出射面1a側又は光反射面1b側から方向Aに沿って入射する光を全反射する。

[0037] また、光出射面1aと光反射面1bとの距離(すなわち屈折率型導波路4の長さ)及びリッジ部9の一对の側面9c及び9d同士の間隔(リッジ部9の幅)は、レーザ光出射端4a(光出射面1a)とレーザ光反射端4b(光反射面1b)との間で共振するレーザ光Lが、屈折率型導波路4の一对の側面4c及び4dのそれぞれにおいて同じ回数反射するように設定される。

[0038] 次に、半導体レーザ素子アレイ1の製造方法について、図6を参照しながら説明する。図6は、各製造工程における半導体レーザ素子アレイ1の拡大断面図を示している。まず、n型GaAsの基板11が準備される。この基板11上に順に、膜厚 $2.0\mu\text{m}$ のn型AlGaAs、膜厚 $0.3\mu\text{m}$ のGaInAs/AlGaAs、膜厚 $2.0\mu\text{m}$ のp型AlGaAs、膜厚 $0.1\mu\text{m}$ のp型GaAsをエピタキシャル成長させることで、n型クラッド層13、量子井戸構造を有する活性層15、p型クラッド層17、キャップ層19が形成される(図6中の領域(a)参照)。

[0039] キャップ層19側にフォトリソによりリッジ部9に対応する形状の保護マスク51が形成され、キャップ層19及びp型クラッド層17がエッチングされる。エッチングは活性層15に達しない深さで停止される(図6中の領域(b)参照)。このエッチング終了後の結晶表面全体にSiN膜が堆積される。そして、フォトリソによりリッジ部9上部のSiN

膜の一部が除去されることで、絶縁層21が形成される(図6中の領域(c)参照)。さらに、結晶表面全体をTi/Pt/Au膜で覆うことによりp側電極層23が形成される。一方、基板11側の素子表面にも、研磨、化学処理が行われた後、AuGe/Au膜からなるn側電極層29が形成される(図6中の領域(d)参照)。

[0040] 次に、屈折率型導波路4内部におけるレーザ光の振る舞いについて説明する。図7は、リッジ部9に対応して形成される活性層15内に形成される屈折率型導波路4の形状を示す平面図である。屈折率型導波路4は、平面視形状がリッジ部9と同じ形状となる。厚み方向の屈折率型導波路4は、活性層15とp型クラッド層17との境界面、及び活性層15とn型クラッド層13との境界面で規定される。屈折率型導波路4は、リッジ部9の第1端面9aの直下及び第2端面9bの直下にそれぞれレーザ光出射端4a及びレーザ光反射端4bを有している。レーザ光出射端4a及びレーザ光反射端4bは、活性層15のへき開面の一部であり、レーザ光Lに対する共振面として機能する。

[0041] また、屈折率型導波路4は、リッジ部9の側面9c及び9dそれぞれに対応して側面4c及び4dを有している。ここで、側面4c及び4dは、屈折率型導波路4内外の屈折率差によって生じる面であり、屈折率が連続的に変化している場合にはそれぞれが或る一定の厚みを有してもよい。側面4c及び4dは、屈折率型導波路4内で発生したレーザ光Lを、該レーザ光の進行方向と当該側面とのなす角度によって選択的に透過又は反射させる反射面として機能する。屈折率型導波路4の側面4c及び4dと所定の軸方向Aとのなす角(すなわち、リッジ部9の側面9c及び9dと方向Aとのなす角) θ は、前述のとおり屈折率型導波路4の側面4c及び4dにおける臨界余角 θ_c に基づいて決定される。

[0042] 図7に示されたように、レーザ光反射端4bにおいて方向Aに沿って反射されたレーザ光Lは、側面4cに角度 θ で入射し、全反射される。その後、レーザ光Lは側面4dに角度 θ で入射し、再び全反射される。こうして、側面4c及び4dで全反射されたレーザ光Lは方向Aに沿って進み、レーザ光出射端4aに達する。レーザ光出射端4aに達したレーザ光Lの一部は、レーザ光出射端4aを透過して外部へ出射される。また、他のレーザ光Lはレーザ光出射端4aにおいて方向Aに沿って反射され、再び側面4d、4cでの全反射を繰り返しながらレーザ光反射端4bに戻る。このようにして、屈

折率型導波路4内のレーザ光Lは、レーザ光出射端4aとレーザ光反射端4bとの間を往復することで、共振することとなる。

[0043] ここで、レーザ光Lが上述のような光路に限定されるしくみについて説明する。図8は、側面4c(4d)に様々な角度 θ_i で入射されたレーザ光L1〜L3について説明するための図である。なお、図8においては、側面4c、4dとレーザ光L1〜L3とのなす角度は、該側面4c、4dに対するレーザ光L1〜L3の入射角の余角であり、以下の説明では角度 θ_i を入射余角という。また、説明の便宜のため、側面4c(4d)と方向Aとのなす角 θ を臨界余角 θ_c と一致させている。

[0044] 図8を参照すると、側面4c(4d)に角度 θ と等しい入射余角 θ_i で入射されたレーザ光L1は、側面4c(4d)において全反射された後、レーザ光出射端4a(レーザ光反射端4b)に対し垂直に入射される。そして、レーザ光L1は、レーザ光出射端4a(レーザ光反射端4b)において反射されたのち、同一の光路を辿って戻る。したがって、レーザ光L1は同一光路上を共振することとなる。

[0045] これに対し、側面4c(4d)に角度 θ よりも大きな入射余角 θ_i で入射されたレーザ光L2は、臨界余角 θ_c を超えているので側面4c(4d)を透過することとなり、共振しない。また、側面4c(4d)に角度 θ よりも小さな入射余角 θ_i で入射されたレーザ光L3は、臨界余角 θ_c を超えていないので側面4c(4d)において全反射されるが、レーザ光出射端4a(レーザ光反射端4b)において反射された後、再度側面4c(4d)に入射される際に入射余角が臨界余角 θ_c を超えてしまう。したがって、レーザ光L3も、結局側面4c(4d)を透過し、結果的に共振しない。

[0046] また、上述のように、リッジ部9の幅及び屈折率型導波路4の長さは、レーザ光Lが一对の側面4c及び4dそれぞれにおいて同じ回数全反射されるように設定されている。換言すれば、屈折率型導波路4は、レーザ光出射端4aとレーザ光反射端4bとの間で共振するレーザ光Lが、屈折率型導波路4の側面4c及び4dにおいて少なくとも1回は反射されるように形成される。したがって、レーザ光出射端4aとレーザ光反射端4bとを直線で結ぶような光路は存在せず、レーザ光出射端4aとレーザ光反射端4bとの間を直接往復して共振する光成分は存在しない。

[0047] 上述のように、半導体レーザ素子3においては、屈折率型導波路4内で発生したレ

ーザ光Lが往復する共振光路が、レーザ光出射端4a、側面4d、側面4c、及びレーザ光反射端4bを結ぶ光路に構造上限定されている。よって、方向Aとほぼ平行な方向から側面4c、4dに入射し、上記光路において共振するレーザ光Lのみがレーザ発振に寄与することとなる。よって、空間横モードが単一であるレーザ発振(空間横シングルモード)が得られ、レーザ光出射端4aから出射されるレーザ光Lの強度分布は光出射端4a及び光反射端4bの各法線に一致する方向Aと平行な方向付近に偏り、その出射パターンは単峰性となる。さらに、この導波路構造は広い導波路幅を持つことが可能であるが、レーザ放射角は導波路幅に反比例することから小さな出射角を持つレーザ光が得られる。

- [0048] 屈折率型導波路4の側面4a、4bと方向Aとのなす角 θ は、臨界余角 θ_c とほぼ一致していることが最も望ましいが、臨界余角 θ_c より小さい範囲で臨界余角 θ_c に近づけば、レーザ光Lの光路をある程度限定することができる。ここで、図9は、角 θ の大きさが許容される範囲を説明するためのグラフである。図9において、横軸は角 θ 、縦軸は側面4c(4d)へのレーザ光Lの入射余角 θ_i と角 θ との差 $\theta - \theta_i$ を示す。なお、ここでは、側面4c及び4dの臨界余角 θ_c を 4° と仮定して説明する。
- [0049] 図9を参照すると、座標 $(\theta, \theta - \theta_i) = (0, 0)$ 、 $(4, 0)$ 、 $(0, 4)$ で囲まれる領域Bが図示されている。この領域Bは、レーザ光Lがレーザ光出射端4aとレーザ光反射端4bとの間で共振可能な範囲を示している。例えば、角 θ が 1° のとき、 $0^\circ \leq \theta - \theta_i \leq 3^\circ$ 、すなわち入射余角 θ_i が 1° 以上 4° 以下のレーザ光Lであれば、側面4c及び4dにおいて臨界余角 $\theta_c (=4^\circ)$ を超えることなく共振することができる。しかしながら、角 θ が臨界余角 θ_c よりも過小であると、屈折率型導波路4内でのレーザ光Lの空間横モードの数が増えて出射角が拡大してしまう。したがって、例えば角 θ を $3^\circ \leq \theta \leq 4^\circ$ (すなわち、 $\theta_c - 1 \leq \theta \leq \theta_c$) とすることにより、 $0^\circ \leq \theta - \theta_i \leq 1^\circ$ 、つまり入射余角 θ_i が 3° 以上 4° 以下のレーザ光Lのみ共振することとなり、レーザ光Lの出射角を実用的な範囲まで小さくすることができる。
- [0050] 次に、上述のような構造を有する半導体レーザ素子3に特有な効果について説明する。半導体レーザ素子3によれば、共振が起こるレーザ光Lの光路が限定されている。すなわち、レーザ発振に寄与する光成分の入射方向が制限されるため、高次横

モードが抑制され単一モードに近くなる。これにより、出射されるレーザ光Lの水平方向の出射パターンが単峰性になる。また、シングルモード型のように屈折率型導波路4の幅すなわち側面4cと側面4dとの間隔が制限されないので、レーザ光出射端4aにおけるレーザ光密度が低減でき、より高い強度のレーザ光の出射が可能になる。さらに、屈折率型導波路4の幅を広げるとレーザ光Lの水平方向の出射角を小さくすることができる。

[0051] 当該半導体レーザ素子3では、図6中の領域(a)～(d)に示されたように容易に形成可能なリッジ部9によって、活性層15に対して電流が部分的にかつ集中して注入されるので、屈折率型導波路4の外部へ注入電流が漏れにくい。このため、半導体レーザ素子3によれば、発光効率や電気・光変換効率が向上する。また、この構造により、半導体レーザ素子3の温度上昇が効果的に低減され得るので、半導体レーザ素子3の信頼性が向上するとともに、レーザ光強度を高めることが可能となる。

[0052] また、上述のように、レーザ光出射端4a(光出射面1a)とレーザ光反射端4b(光反射面1b)との間で共振するレーザ光Lが、屈折率型導波路4の一对の側面4c及び4dのそれぞれにおいて同じ回数反射されるように、光出射面1aと光反射面1bとの距離(すなわち屈折率型導波路4の長さ)及びリッジ部9の一对の側面9c及び9d同士の間隔(すなわちリッジ部9の幅)は設定される。このように、レーザ光Lが一对の側面4c及び4dそれぞれにおいて同じ回数反射(全反射)されることによって、共振するレーザ光Lはレーザ光出射端4a及びレーザ光反射端4bの双方において方向Aに沿って好適に入射／反射される。また、このような構成により、レーザ光Lが一对の側面4c及び4dにおいて少なくとも1回ずつ全反射されるので、屈折率型導波路4内においてレーザ光出射端4aとレーザ光反射端4bとを直線で結ぶような光路は存在しない。したがって、当該半導体レーザ素子3によれば、屈折率型導波路4内のレーザ光Lの光路は好適に制限される。

[0053] 当該半導体レーザ素子アレイ1によれば、上述の効果を有する半導体レーザ素子3と同一構造の複数の半導体レーザ素子を備えることにより、比較的大きな強度のレーザ光出射が可能になるとともに、レーザ光Lの水平方向の出射角が小さくなり得る。また、半導体レーザ素子アレイ1によれば、簡易な構成によって発光効率及び電気

・光変換効率が向上する。

[0054] さらに、当該半導体レーザ素子アレイ1は、以下の効果をさらに有する。すなわち、半導体レーザ素子アレイ1では、p型クラッド層17のリッジ部9によって、活性層15に対して電流が部分的にかつ集中して注入される。これにより、隣り合う半導体レーザ素子3の屈折率型導波路4同士での光の結合や干渉が生じにくくなる。したがって、各屈折率型導波路4同士の間隔を比較的狭くすることが可能になるので、屈折率型導波路4をより多く形成することができ、大出力で安定したレーザ光の出射が可能になる。さらに、活性層15に対して電流が部分的にかつ集中して注入されることにより、電気・光変換効率が高まり、無効電流が低減されるので、半導体レーザ素子3の熱発生が抑制される。この結果、当該半導体レーザ素子アレイ1の信頼性が高まり、長寿命化が実現される。

[0055] (第1実施例の第1適用例)

[0056] 次に、上述の第1実施例に係る半導体レーザ素子3の第1適用例について説明する。この第1適用例では、屈折率型導波路4の側面4c及び4dと光出射端4a及び光反射端4bの各法線に一致する上記方向Aとのなす角 θ を、屈折率型導波路4内外の屈折率差に基づく臨界余角 4° とした。また、屈折率型導波路4の側面4cと側面4dとの間隔(屈折率型導波路4の幅)を $40\mu\text{m}$ とし、レーザ光出射端4aとレーザ光反射端4bとの距離(屈折率型導波路4の長さ)を、図7の光路を実現できる $1200\mu\text{m}$ とした。因みに、従来のシングルモード型半導体レーザ素子(特許文献1に開示された半導体レーザ素子を含む)の導波路幅は、最大でも約 $5\mu\text{m}$ である。したがって、上記第1実施例に係る半導体レーザ素子3における屈折率型導波路4の幅は、従来のシングルモード型半導体レーザ素子と比較して格段に大きいことがわかる。

[0057] 図10中の領域(a)は、この第1適用例の半導体レーザ素子の電流-光出力特性を示すグラフである。この領域(a)に示されたグラフから判るように、当該半導体レーザ素子に供給された電流とレーザ光出力とは直線的な相関関係を示しており、いわゆるキンクも生じていないので、当該半導体レーザ素子によれば安定した空間横シングルモードが得られ、スロープ効率は $0.75\text{W}/\text{A}$ である。一方、図10中の領域(b)は、当該半導体レーザ素子のレーザ光出射端4aから出射されたレーザ光Lの水平方

向の遠視野像を示すグラフである。この領域(b)に示されたグラフから判るように、当該半導体レーザ素子では、レーザ光Lの遠視野像における強度分布が所定の軸方向(0°)に偏っており、水平方向の出射角が小さい。領域(b)のグラフでは、ピークの半値幅は 2° 程度となっている。

[0058] また、比較例として、特許文献2に開示された共振器の特性が図11に示されている。図11中の領域(a)は、この共振器の電流-光出力特性を示すグラフである。この領域(a)に示されたグラフから判るように、レーザ光出力の上昇とともに空間横モードの変化に対応したレーザ光出力特性の乱れ(いわゆるキンク)の発生によりモードが不安定であり、このときのスロープ効率は 0.5W/A である。一方、図11中の領域(b)は、この共振器から出射されたレーザ光の水平方向の遠視野像を示すグラフである。この領域(b)に示されたグラフから判るように、メインピークの半値幅は 2° 程度である。

[0059] このように、第1適用例に係る半導体レーザ素子によれば、特許文献2に開示された共振器と比較して、発光効率及び電気・光変換効率を向上させることができるとともに、高出力時においても安定した空間横シングルモード動作が得られる。

[0060] (第1実施例の第2適用例)

[0061] さらに、第1実施例の第2適用例として、上述のような構造を有する第1実施例に係る半導体レーザ素子3と同一構造の複数の半導体レーザ素子を備えた半導体レーザ素子アレイ1について説明する。この第2適用例では、 $200\mu\text{m}$ のピッチで1cm内に50個のリッジ部が形成されている。図12中の領域(a)は、第2適用例に係る半導体レーザ素子アレイの電流-光出力特性を示すグラフである。この領域(a)に示されたグラフから判るように、当該半導体レーザ素子アレイにおける各半導体レーザ素子に供給された電流とレーザ光出力とが直線的な相関関係を示しており、いわゆるキンクも生じていない。また、このグラフから読みとれる素子のスロープ効率は 0.75W/A であり、単体の半導体レーザ素子の場合(図10参照)と同等である。したがって、レーザ光が導波路同士で結合及び干渉するおそれのある特許文献2の共振器と比較して、リッジ部9を備える当該半導体レーザ素子アレイの構造が優れていることが判る。

[0062] また、図12中の領域(b)は、この第2適用施例に係る半導体レーザ素子アレイに含まれる各半導体レーザ素子のレーザ光出射端から出射されたレーザ光Lの水平方向の遠視野像を示すグラフである。この領域(b)に示されたグラフから判るように、当該半導体レーザ素子アレイでは、レーザ光の遠視野像における強度分布が単体の半導体レーザ素子における該強度分布(図10中の領域(b)参照)と同様である。このことから、アレイ化されても単体の素子と同様の特性が維持されることが判る。

[0063] このように、第2適用例に係る半導体レーザ素子アレイによれば、リッジ構造が活性層への注入電流を集中させることにより、アレイ化されたことによる屈折率型導波路同士間におけるレーザ光の結合、干渉等を効果的に抑制される。

[0064] (第2実施例)

次に、この発明に係る半導体レーザ素子の第2実施例について説明する。なお、この第2実施例に係る半導体レーザ素子も図2に示されたような半導体レーザ素子アレイに適用される。図13は、この発明に係る半導体レーザ素子の第2実施例において形成される屈折率型導波路を示す平面図である。この屈折率型導波路41は、その平面形状が上述の第1実施例における屈折率型導波路4と異なる。すなわち、屈折率型導波路41を形成するためのリッジ部の形状が第1実施例におけるリッジ部9の形状と異なっている。屈折率型導波路41は、4つの側面41c〜41fを備えている。このうち、側面41cと側面41dとが互いに対向しており、側面41eと側面41fとが互いに対向している。側面41cの一端はレーザ光反射端41bの一端に接しており、側面41dの一端はレーザ光反射端41bの他端に接している。側面41cの他端は側面41eの一端に繋がっており、側面41dの他端は側面41fの一端に繋がっている。側面41eの他端はレーザ光出射端41aの一端に接しており、側面41fの他端はレーザ光出射端41aの他端に接している。側面41c〜41fは、それぞれ光出射端41a及び光反射端41bの各法線に一致する方向Aと角度 θ で交差している。一方、側面41cと側面41eとは互いに角度 2θ で繋がっており、側面41dと側面41fも互いに角度 2θ で繋がっている。この第2実施例は、図13に示された屈折率型導波路41と同様の平面形状を有するリッジ部がp型クラッド層に設けられることにより実現される。

[0065] レーザ光反射端41bにおいて方向Aに沿って反射されたレーザ光Lは、側面41c

において全反射され、側面41dにおいて再度全反射されることによって再び方向Aに沿って進む。そして、側面41fにおいて全反射され、側面41eにおいて再度全反射されることによって、方向Aに沿ってレーザ光出射端41aに到達する。レーザ光出射端41aに達したレーザ光Lの一部はレーザ光出射端41aにおいて方向Aに沿って反射される一方、残りは上述の光路を逆に辿ってレーザ光反射端41bに達する。このようにして、レーザ光Lは、レーザ光出射端41aとレーザ光反射端41bとの間で共振することとなる。

[0066] この発明に係る半導体レーザ素子は、上記第1実施例における屈折率型導波路4に限らず、この第2実施例のように図13に示されたような形状の屈折率型導波路41を形成する構造(特にリッジ部の構造)を備えてもよい。このような構造によって、第1実施例と同様の効果が得られる。また、第2実施例における屈折率型導波路41によれば、レーザ光Lが側面41c〜41fにおいて第1実施例の場合よりも多い回数、全反射されるので、方向Aに沿って進むレーザ光L以外の光成分を除去する効果が高まり、レーザ光Lの共振モードを単一モードにさらに近づけることができる。

[0067] (第3実施例)

次に、この発明に係る半導体レーザ素子の第3実施例について説明する。なお、この第3実施例に係る半導体レーザ素子も、図2に示されたような半導体レーザ素子アレイに適用される。図14は、この発明に係る半導体レーザ素子の第3実施例において形成される屈折率型導波路を示す平面図である。屈折率型導波路42は、8つの側面42c〜42jを備えている。このうち、側面42cと側面42dとが互いに対向しており、側面42eと側面42fとが互いに対向しており、側面42gと側面42hとが互いに対向しており、側面42iと側面42jとが互いに対向している。側面42cの一端はレーザ光反射端42bの一端に接しており、側面42dの一端はレーザ光反射端42bの他端に接している。側面42cの他端は側面42eの一端に繋がっており、側面42dの他端は側面42fの一端に繋がっている。側面42eの他端は側面42gの一端に繋がっており、側面42fの他端は側面42hの一端に繋がっている。側面42gの他端は側面42iの一端に繋がっており、側面42hの他端は側面42jの一端に繋がっている。側面42iの他端はレーザ光出射端42aの一端に接しており、側面42jの他端はレーザ光出射端42a

の他端に接している。側面42c〜42iそれぞれは、光出射端42a及び光反射端42bの各法線に一致する方向Aと角度 θ で交差している。側面42cと側面42eとは互いに角度 2θ で繋がっており、側面42dと側面42fとは互いに角度 2θ で繋がっている。側面42eと側面42gとは互いに角度 2θ で繋がっており、側面42fと側面42hとは互いに角度 2θ で繋がっている。側面42gと側面42iとは互いに角度 2θ で繋がっており、側面42hと側面42jとは互いに角度 2θ で繋がっている。この第3実施例は、図14に示された屈折率型導波路42と同様の平面形状を有するリッジ部がp型クラッド層に設けられることにより実現される。

[0068] レーザ光反射端42bで方向Aに沿って反射されたレーザ光Lは、側面42c、42d、42f、42e、42g、42h、42j、42iの順に全反射されることによって、方向Aに沿ってレーザ光出射端42aに到達する。レーザ光出射端42aに達したレーザ光Lの一部はレーザ光出射端42aにおいて反射され、上述の光路を逆に辿ってレーザ光反射端42bに達する。このようにして、レーザ光Lは、レーザ光出射端42aとレーザ光反射端42bとの間で共振する。

[0069] この発明に係る半導体レーザ素子は、この第3実施例のように図14に示されたような形状の屈折率型導波路42を形成する構造(特にリッジ部の構造)を備えてもよい。これによって、第1実施例と同様の効果が得られる。

[0070] (第4実施例)

次に、この発明に係る半導体レーザ素子の第4実施例について説明する。なお、この第4実施例に係る半導体レーザ素子も図2に示されたような半導体レーザ素子アレイに適用可能である。図15は、この発明に係る半導体レーザ素子の第4実施例において形成される屈折率型導波路を示す平面図である。この第4実施例において形成される屈折率型導波路43の形状は、以下の点を除いて上記第1実施例における屈折率型導波路4と同様である。すなわち、この第4実施例では、レーザ光反射端43bにおいて該光反射端43bの法線に一致する方向Aに沿って反射されたレーザ光Lが、側面43c及び43dのそれぞれにおいて2回ずつ全反射するように、側面43cと側面43dとの間隔(屈折率型導波路43の幅)及びレーザ光出射端43a(光出射面1a)とレーザ光反射端43b(光反射面1b)との距離(屈折率型導波路43の長さ)が設定され

ている。

[0071] レーザ光反射端43bを方向Aに沿って反射されたレーザ光Lは、側面43cにおいて全反射され、側面43dにおいて再度全反射されることによって再び方向Aに沿って進む。そして、再び側面43cにおいて全反射され、側面43dにおいて全反射されることによって、方向Aに沿ってレーザ光出射端43aに到達する。レーザ光Lの一部はレーザ光出射端43aにおいて方向Aに沿って反射される一方、のこりは上述の光路を逆に辿ってレーザ光反射端43bに達する。このようにして、レーザ光Lは、レーザ光出射端43aとレーザ光反射端43bとの間で共振する。

[0072] この発明に係る半導体レーザ素子は、この第4実施例のように図15に示されたような形状の屈折率型導波路43を形成する構造(特にリッジ部の構造)を備えてもよい。これによって、第1実施例と同様の効果が得られる。なお、屈折率型導波路の側面においてレーザ光を全反射させる回数は、第1実施例(各側面において一回ずつ)、及び第4実施例(各側面において二回ずつ)に限らず、任意の回数に設定することができる。また、この第4実施例のように屈折率型導波路の側面における反射回数を多くするためには、屈折率型導波路の長さを長くするとよい。屈折率型導波路の長さを長く設定することにより、半導体レーザ素子からの熱放出を活発にして大出力化、長寿命化を図ることができる。

[0073] (第5実施例)

次に、この発明に係る半導体レーザ素子の第5実施例について説明する。なお、この第5実施例に係る半導体レーザ素子も図2に示されたような半導体レーザ素子アレイに適用可能である。図16は、この発明に係る半導体レーザ素子の第5実施例において形成される屈折率型導波路を示す平面図である。この第5実施例における屈折率型導波路44の平面形状は、以下の点を除いて第1実施例における屈折率型導波路4と同様である。すなわち、第5実施例において形成される屈折率型導波路44は、レーザ光出射端44a側(光出射面1a側)の端部における側面44g及び44h、並びにレーザ光反射端44b側(光反射面1b側)の端部における側面44c及び44dが、光出射端44a及び光反射端44bの各法線に一致する方向Aに沿って形成される。

[0074] 具体的には、屈折率型導波路44は、6つの側面44c〜44hを備えている。このうち

、側面44cと側面44dとが互いに対向しており、側面44eと側面44fとが互いに対向しており、側面44gと側面44hとが互いに対向している。側面44eの一端はレーザ光反射端44bの一端に接しており、側面44fの一端はレーザ光反射端44bの他端に接している。側面44eの他端は側面44cの一端に繋がっており、側面44fの他端は側面44dの一端に繋がっている。側面44cの他端は側面44gの一端に繋がっており、側面44dの他端は側面44hの一端に繋がっている。側面44gの他端はレーザ光出射端44aの一端に接しており、側面44hの他端はレーザ光出射端44aの他端に接している。側面44c及び44dそれぞれは、方向Aと角度 θ で交差している。また、側面44e〜44hそれぞれは、方向Aに沿って延びている。側面44eと側面44cとは互いに角度 θ で繋がっており、側面44fと側面44dとは互いに角度 θ で繋がっている。側面44cと側面44gとは互いに角度 θ で繋がっており、側面44dと側面44hとは互いに角度 θ で繋がっている。この第5実施は、図16に示された屈折率型導波路44と同様の平面形状を有するリッジ部がp型クラッド層に設けられることにより実現される。

[0075] レーザ光反射端44bで方向Aに沿って反射されたレーザ光Lは、側面44cにおいて全反射され、側面44dにおいて再度全反射されることによって、方向Aに沿ってレーザ光出射端44aに到達する。レーザ光Lの一部はレーザ光出射端44aにおいて方向Aに沿って反射され、上述の光路を逆に辿ってレーザ光反射端44bに達する。このようにして、レーザ光Lは、レーザ光出射端44aとレーザ光反射端44bとの間で共振する。

[0076] この発明に係る半導体レーザ素子は、この第5実施例のように図16に示されたような形状の屈折率型導波路44を形成する構造（特にリッジ部の構造）を備えてもよい。これによって、第1実施例と同様の効果が得られる。また、この第5実施例で形成された屈折率型導波路44は、その両端部に位置する側面44e〜44hが方向Aに沿って形成されるので、レーザ光出射端44a及びレーザ光反射端44bにおいて方向Aと異なる方向へ出射されるレーザ光（サイドモード光）を低減することができる。したがって、この第5実施例によれば、レーザ光Lの出射角をより小さくすることができる。なお、光出射端44a及び光反射端44bの書く法線に一致する方向に沿った側面は、屈折率型導波路44の一方の端部、すなわち、レーザ光出射端44a側（光出射面1a側）の

端部のみに形成されてもよく、屈折率型導波路のレーザ光反射端44b側(光反射面1b側)の端部のみに形成されてもよい。

[0077] (第6実施例)

次に、この発明に係る半導体レーザ素子の第6実施例について説明する。なお、この第6実施例に係る半導体レーザ素子3aが適用される半導体レーザアレイは、図2に示された半導体アレイ1と同様の構造を有する。図17は、第6実施例に係る半導体レーザ素子3aにおいて、活性層内に形成される屈折率型導波路45近傍の概略構成を示す平面図である。この第6実施例における屈折率型導波路45の平面形状は、以下の点を除いて第1実施例における屈折率型導波路4と同様である。すなわち、屈折率型導波路45は、レーザ光反射端45b側(すなわち光反射面1b側)の端部における側面45e及び45fが、レーザ光出射端45a及びレーザ光反射端45bの各法線に一致する方向Aに沿って形成されている。

[0078] 具体的には、屈折率型導波路45は、4つの側面45c〜45fを備えている。このうち、側面45cと側面45dとが互いに対向しており、側面45eと側面45fとが互いに対向している。側面45eの一端はレーザ光反射端45bの一端に接しており、側面45fの一端はレーザ光反射端45bの他端に接している。側面45eの他端は側面45cの一端に繋がっており、側面45fの他端は側面45dの一端に繋がっている。側面45cの他端はレーザ光出射端45aの一端に接しており、側面45dの他端はレーザ光出射端45aの他端に接している。側面45c及び45dは、それぞれ方向Aと角度 θ で交差している。また、側面45e及び45fは、それぞれ方向Aに沿って延びている。側面45eと側面45cとは互いに角度 θ で繋がっており、側面45fと側面45dとは互いに角度 θ で繋がっている。この第6実施例では、このような形状の屈折率型導波路45は、同様の平面形状を有するリッジ部をp型クラッド層に設けることにより、活性層内に形成可能になる。なお、屈折率型導波路45のうち、側面45c及び45dによって規定される部分の長さは例えば $1200\mu\text{m}$ であり、側面45e及び45fによって規定される部分の長さは例えば $30\mu\text{m}$ である。また、屈折率型導波路45の幅(側面間隔)は、例えば $30\mu\text{m}$ である。

[0079] レーザ光反射端45bにおいて方向Aに沿って反射されたレーザ光Lは、側面45c

において全反射される。そして、レーザ光Lは側面45dにおいて再度全反射されることによって、方向Aに沿ってレーザ光出射端45aに到達する。レーザ光Lの一部はレーザ光出射端45aにおいて方向Aに沿って反射され、上記光路を逆に辿ってレーザ光反射端45bに達する。このようにして、レーザ光Lは、レーザ光出射端45aとレーザ光反射端45bとの間で共振することとなる。

[0080] この第6実施例に係る半導体レーザ素子3aは、さらに、周期的な回折格子(グレーティング)71a及び71bを備える。回折格子71a及び71bは、導波路45内部で共振するレーザ光Lの波長を選択するための波長選択手段として機能し、屈折率型導波路45の少なくとも一部(第6実施例では、側面45e及び45fによって規定される部分)に沿って設けられている。

[0081] 図18は、図17に示された第6実施例に係る半導体レーザ素子3aの断面構造(IV-IV断面の一部)を示す図である。図18に示されたように、回折格子71aは、屈折率型導波路45に沿ってp型クラッド層17の内部に形成されている。この回折格子71aのピッチpは、モード次数をM、屈折率型導波路45の屈折率をn、発振波長を λ として $p = M \times \lambda / 2n$ によって決定される。例えば、発振波長 $\lambda = 940\text{nm}$ 、屈折率 $n = 3.4$ とすると、1次モードではピッチ $p = 138\text{nm}$ 、2次モードではピッチ $p = 276\text{nm}$ となる。

[0082] また、図19は、上記回折格子71aの形成工程の一例を説明するための図である。まず、図19中の領域(a)に示されたように、基板11上にn型クラッド層13、活性層15、及び一部のp型クラッド層17aが順次積層された後、p型クラッド層17a上に周期的な開口73aを有するレジスト膜73が形成される。このとき、レジスト膜73の開口73aの形成方法としては、マッハツェンダー干渉系などによるレーザ光の干渉縞を利用する光束干渉露光法や、電子ビームをレジスト膜73に当てることにより開口73aを形成する電子ビーム直描法などが適用可能である。そして、レジスト膜73を介してp型クラッド層17aがエッチングされることにより、図19中の領域(b)に示されたように、p型クラッド層17aの表面に回折格子71aが形成される。続いて、図19中の領域(c)に示されたように、p型クラッド層17a上に残りのp型クラッド層17bが積層される。こうして、p型クラッド層17の内部に回折格子71aが形成される。なお、上述の例では回折格子71

aがp型クラッド層17の内部に形成されているが、回折格子は、活性層15とp型クラッド層17との境界面に形成されてもよい。また、半導体レーザ素子がp型クラッド層と活性層との間に光ガイド層を備えた構造を有する場合、光ガイド層とp型クラッド層との境界面や、活性層と光ガイド層との境界面、あるいは光ガイド層の内部などに回折格子が形成されてもよい。

[0083] 図20は、図17に示された第6実施例に係る半導体レーザ素子の断面構造(V-V断面の一部及びVI-VI断面の一部)を示す図である。なお、図20中の領域(a)には、図17に示された第6実施例に係る半導体レーザ素子3aのV-V断面が示されており、領域(b)には、領域(a)に示されたVI-VI線に沿った半導体レーザ素子3aの断面構造が示されている。なお、これら領域(a)及び(b)には、絶縁層21及びp側電極層23が省略されている。図20中の領域(a)及び領域(b)に示されたように、回折格子71bは、屈折率型導波路45の側面45e及び45fに沿ったp型クラッド層17の薄肉領域10の表面に形成されている。なお、回折格子71bの形成方法の一例としては、p型クラッド層17をエッチングして薄肉領域10が形成(図6中の領域(b)参照)された後、薄肉領域10の表面を、周期的な開口を有するレジスト膜を介してエッチングする方法などがある。なお、回折格子71bは、回折格子71aのピッチpと同じピッチpで形成される。

[0084] この第6実施例に係る半導体レーザ素子3aのように、半導体レーザ素子は、屈折率型導波路45内で共振するレーザ光Lの波長を選択するための波長選択手段(回折格子71a及び71b)をさらに備えることが好ましい。屈折率型導波路45の側面45c及び45dにおける臨界余角 θ_c は、側面45c及び45dにおいて反射されるレーザ光Lの波長に依存する。この第6実施例に係る半導体レーザ素子3aによれば、屈折率型導波路45内で共振するレーザ光Lの波長を回折格子71a及び71bによって選択することにより、該屈折率型導波路45の側面45c及び45dにおける臨界余角 θ_c のバラツキを低減できるとともに、レーザ光Lの光路を効率よく制限することができる。

[0085] また、この第6実施例に係る半導体レーザ素子3aは、女王術の第1実施例と同様の効果を奏する。屈折率型導波路45では、屈折率型導波路45の一端部の側面45e及び45fが方向Aに沿って形成されているので、方向Aと異なる方向へ出射されるレーザ光L成分(サイドモード光成分)が効果的に低減される。

[0086] 図21は、図17に示された第6実施例に係る半導体レーザ素子3aの変形例として、活性層内に形成される屈折率型導波路近傍の概略構成を示す平面図である。図21中の領域(a)では、屈折率型導波路45の少なくとも一部に沿った波長選択手段として回折格子71aのみが設けられた変形例が示されている。また、図21中の領域(b)には、導波路45の少なくとも一部に沿った波長選択手段として回折格子71bのみが設けられた変形例が示されている。これら変形例のように、回折格子71a及び71bは、それぞれ単独で設けられてもよく、屈折率型導波路45内で共振するレーザ光Lの波長が好適に選択され得る。

[0087] (第7実施例)

続いて、この発明に係る半導体レーザ素子の第7実施例について説明する。なお、この第7実施例に係る半導体レーザ素子3bが適用される半導体レーザアレイも、図2に示された半導体アレイ1と同様の構造を有する。図22は、第7実施例に係る半導体レーザ素子3bにおいて、活性層内に形成される屈折率型導波路4近傍の概略構成を示す平面図である。この第7実施例に係る半導体レーザ素子3bと第1実施例に係る半導体レーザ素子3との相違点は、誘電体多層膜77の有無である。誘電体多層膜77は、屈折率型導波路4内部で共振するレーザ光Lの波長を選択するための波長選択手段として機能する。

[0088] 誘電体多層膜77は、半導体レーザ素子3bの光出射面1a上に設けられている。なお、誘電体多層膜77は、光反射面1b上に設けられてもよく、光出射面1a及び光反射面1bの双方の上に設けられてもよい。誘電体多層膜77は、例えば SiO_2 、 TiO_2 、 $\alpha\text{-Si}$ 、 Al_2O_3 、 Ta_2O_3 などの誘電体材料からなる。kの第7実施例における誘電体多層膜77は、例えば $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ が交互に積層された構造を有する。誘電体多層膜77は、例えばスパッタリングや電子ビーム蒸着などによって光出射面1a上に形成される。誘電体多層膜77の各層の層厚tは、各材料の屈折率をn、選択波長を λ として $t = \lambda / 4n$ に設定される。

[0089] この第7実施例のように、半導体レーザ素子3bが誘電体多層膜77を備えることによって、屈折率型導波路4内で共振するレーザ光Lの波長が選択されるので、該屈折率型導波路4の側面4c及び4dにおける臨界余角 θ_c のバラツキを低減することがで

きるとともに、レーザ光Lの光路を効率よく制限することができる。

[0090] (第8実施例)

続いて、この発明に係る半導体レーザ素子の第8実施例について説明する。なお、この第8実施例に係る半導体レーザ素子3cが適用される半導体レーザアレイは、図2に示された半導体レーザアレイ1と同様の構造を有する。図23は、第8実施例に係る半導体レーザ素子3cにおいて、活性層内に形成される屈折率型導波路4近傍の概略構成を示す平面図である。この第8実施例に係る半導体レーザ素子3cと第1実施例に係る半導体レーザ素子3との相違点は、波長選択素子79の有無である。波長選択素子79は、屈折率型導波路4内部で共振するレーザ光Lの波長を選択するための波長選択手段として機能する。

[0091] 波長選択素子79としては、エタロンや部分反射ミラー(例えば反射率30%)などが好適に適用可能である。波長選択素子79は、半導体レーザ素子3cの光出射面1aと対面する位置に設けられる。なお、波長選択素子79は、半導体レーザ素子3cに固定されていてもよいし、光学系の一部として半導体レーザ素子3cから離間した状態で固定されていてもよい。また、波長選択素子は、光反射面1bと対面する位置に設けられてもよく、光出射面1aと対面する位置及び光反射面1bと対面する位置のそれぞれに設けられてもよい。波長選択素子79と対面する半導体レーザ素子3cの面(この第8実施例では光出射面1a)の面上には、反射防止膜(ARコート)81が設けられるのが好ましい。

[0092] この第8実施例のように、半導体レーザ素子3cが波長選択素子79を備えることによって、屈折率型導波路4内で共振するレーザ光Lの波長が選択されるので、該屈折率型導波路4の側面4c及び4dにおける臨界余角 θ_c のバラツキが効果的に低減できるとともに、レーザ光Lの光路を効率よく制限することができる。なお、波長選択素子としては、例示したエタロンや部分反射ミラー以外にも、同様の機能をもつ様々な素子が適用可能である。

[0093] 波長選択手段としては、上述の第6実施例における回折格子71a、71b、第7実施例における誘電体多層膜77、及び第8実施例における波長選択素子79のうち、2つ以上が組み合わせられてもよい。また、波長選択手段としては、これら以外にも同様の

機能をもつ様々な手段が適用可能である。

[0094] この発明に係る半導体レーザ素子、及び該半導体レーザ素子が適用された半導体レーザ素子アレイは、上述の実施例、適用例及び変形例に限られるものではなく、他に様々な変形が可能である。例えば、上記各実施例ではGaAs系半導体レーザ素子が例示されたが、本発明の構成は、GaN系やInP系など、他の材料系の半導体レーザ素子にも適用可能である。

[0095] 以上の本発明の説明から、本発明を様々に変形しうることは明らかである。そのような変形は、本発明の思想および範囲から逸脱するものとは認めることはできず、すべての当業者にとって自明である改良は、以下の請求の範囲に含まれるものである。

産業上の利用可能性

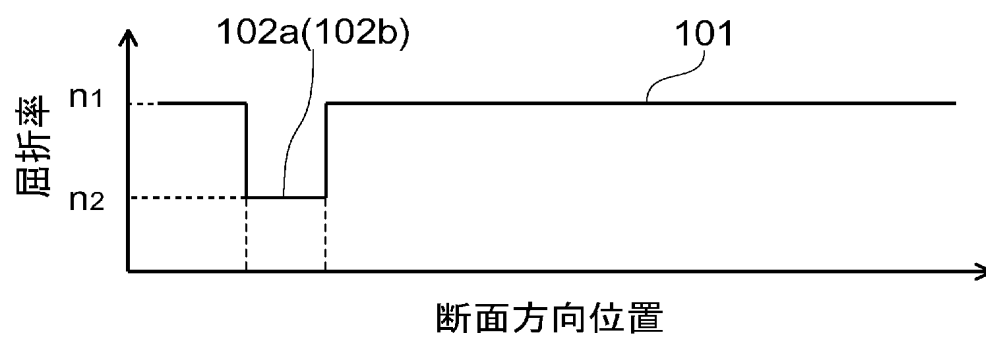
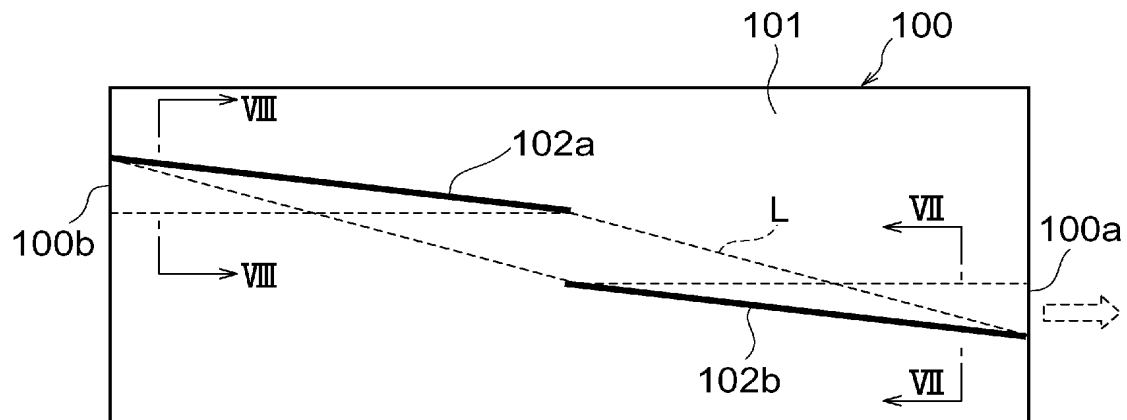
[0096] この発明に係る半導体レーザ素子は、比較的高強度でかつ出射角の小さなレーザ光を、より単純な構成で効率よく出射することを可能にする、種々の発光装置への適用が可能である。

請求の範囲

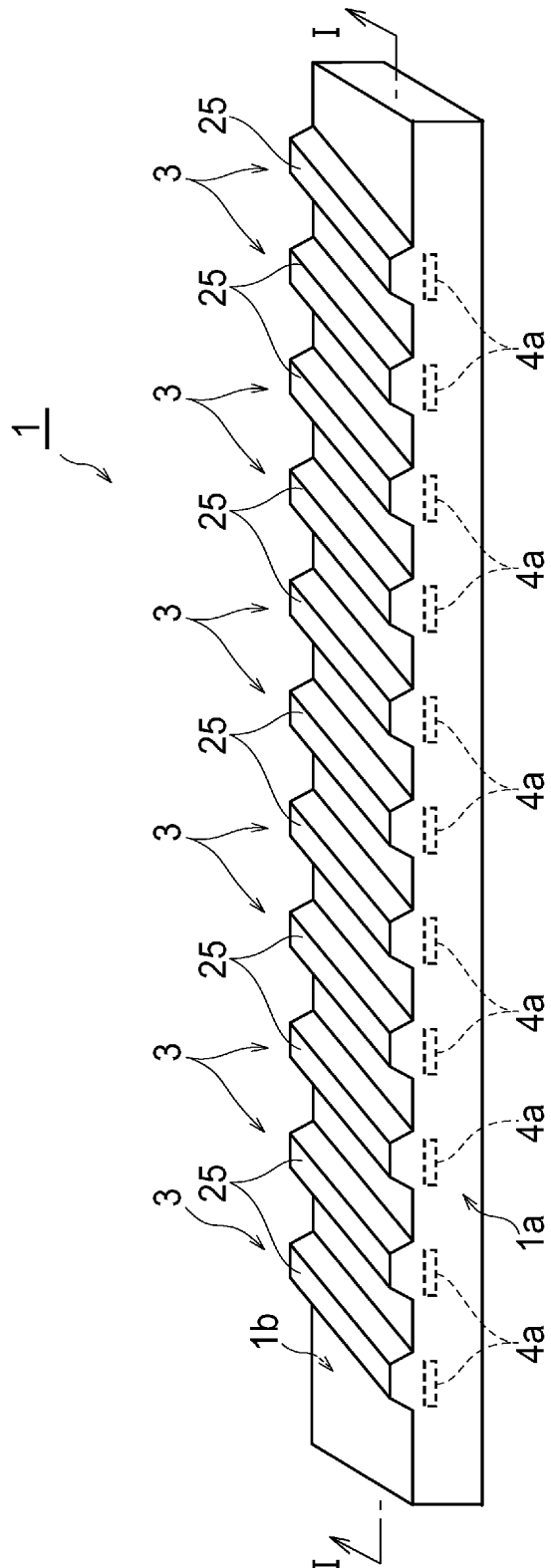
- [1] 第1導電型の第1クラッド層と、
前記第1クラッド層上に設けられた、前記第1導電型とは異なる第2導電型の第2クラッド層と、
前記第1及び第2クラッド層の間に設けられた活性層と、
前記活性層の一方の端面に一致する光出射面と、そして、
前記活性層の一方の端面に対向する他方の端面に一致し、その中心を通る第1法線が前記光出射面の中心を通る第2法線と実質的に平行になるよう配置された光反射面とを備えた半導体レーザ素子であって、
前記第2クラッド層は、両端面がそれぞれ前記光出射面及び前記光反射面に一致する屈折率型導波路を前記活性層内に形成するためのリッジ部であって、少なくとも両端部を除く部分が、前記第1及び第2法線それぞれに対して前記屈折率型導波路の側面における全反射臨界角の余角 θ_c 以下の角度で交差する方向に沿って延びたリッジ部を有する半導体レーザ素子。
- [2] 請求項1記載の半導体レーザ素子において、
前記光出射面と前記光反射面は、前記第1法線と第2法線とが一致した状態で配置されている。
- [3] 請求項1記載の半導体レーザ素子において、
前記光出射面と前記光反射面は、前記第1法線と第2法線とが所定距離離間した状態で配置されている。
- [4] 請求項1～3のいずれか一項記載の半導体レーザ素子において、
前記光出射面と前記光反射面の距離、及び、該第1及び第2法線に直行する方向に沿った前記リッジ部の最大幅は、前記光出射面と前記光反射面とで挟まれた前記屈折率型導波路内で共振する光成分が前記屈折率型導波路の互いに対向している一対の側面それぞれにおいて同じ回数反射されるよう、設定されている。
- [5] 請求項1～4のいずれか一項記載の半導体レーザ素子において、
前記リッジ部の前記光出射面側の端部及び前記光反射面側の端部のうち少なくとも一方は、前記第1及び第2法線それぞれに沿って延びている。

- [6] 請求項1〜5のいずれか一項記載の半導体レーザ素子において、
前記第1及び第2法線それぞれと前記リッジ部の両端部を除く部分の延びる方向とのなす角 θ は、以下の範囲内にある：
$$\theta_c - 1^\circ \leq \theta \leq \theta_c。$$
- [7] 請求項1〜6のいずれか一項記載の半導体レーザ素子において、
前記第1及び第2法線それぞれと前記リッジ部の両端部を除く部分の延びる方向とのなす角 θ は、前記全反射臨界角の余角 θ_c と略一致している。
- [8] 請求項1〜7のいずれか一項記載の半導体レーザ素子は、
前記屈折率型導波路内で共振する光成分の波長を選択するための波長選択手段をさらに備える。
- [9] 請求項8記載の半導体レーザ素子において、
前記波長選択手段は、前記屈折率型導波路の少なくとも一部に沿って設けられた周期的な回折格子を含む。
- [10] 請求項8又は9記載の半導体レーザ素子において、
前記波長選択手段は、前記光出射面及び前記光反射面のうち少なくとも一方の面上に設けられた誘電体多層膜を含む。
- [11] 請求項8〜10のいずれか一項記載の半導体レーザ素子において、
前記波長選択手段は、前記光出射面及び前記光反射面のうち少なくとも一方の面に対面するよう配置された波長選択素子を含む。
- [12] それぞれが請求項1〜11のいずれか一項記載の半導体レーザ素子と同一構造を有する複数の半導体レーザ素子を備え、
前記複数の半導体レーザ素子が、前記第1及び第2法線と直行する方向に沿って配置された半導体レーザ素子アレイ。

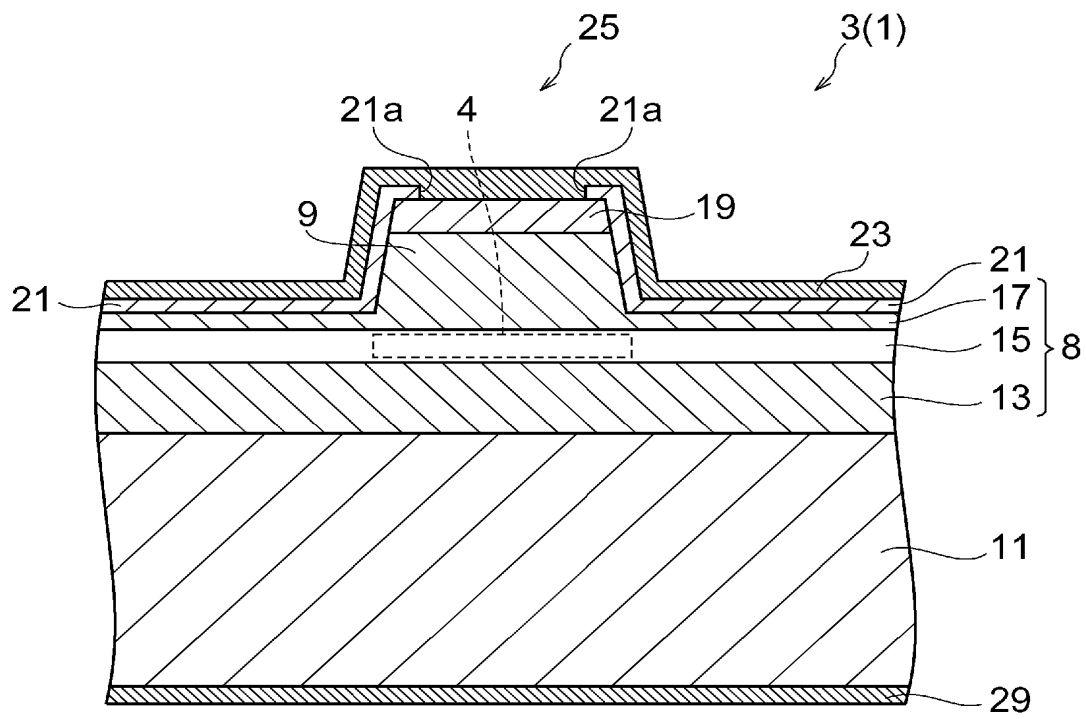
[図1]



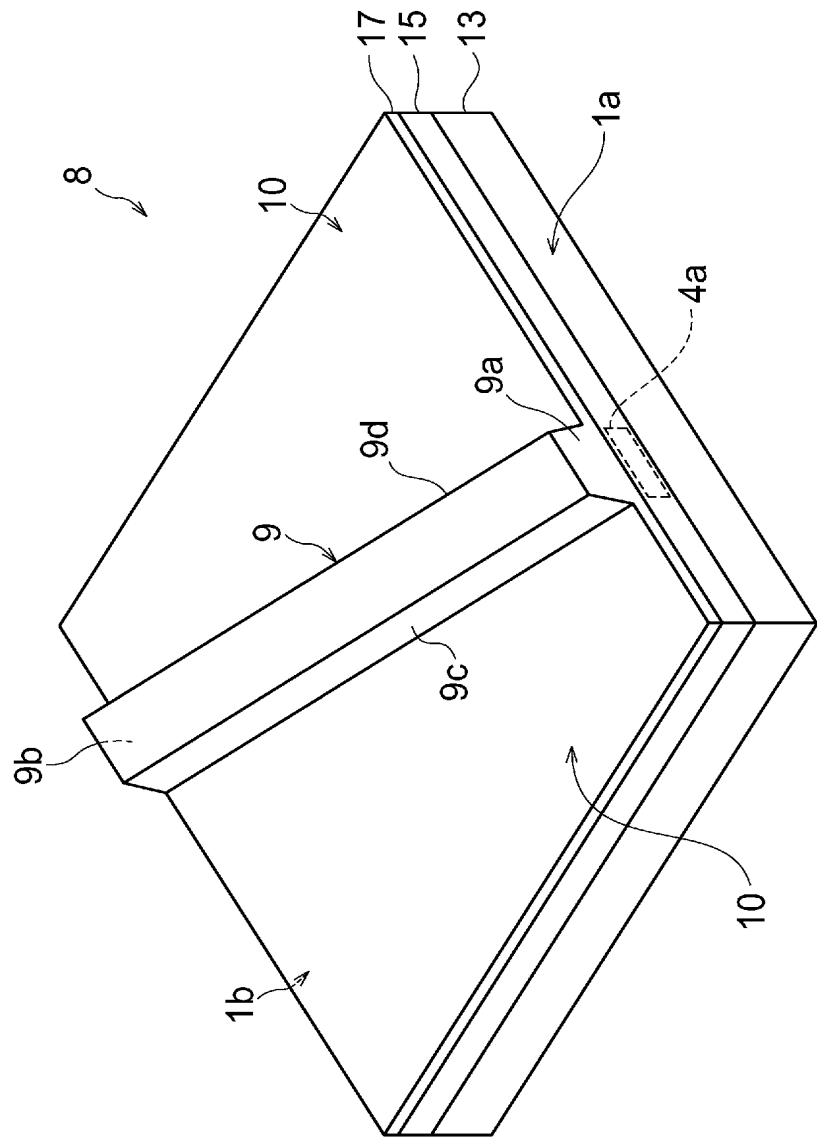
[図2]



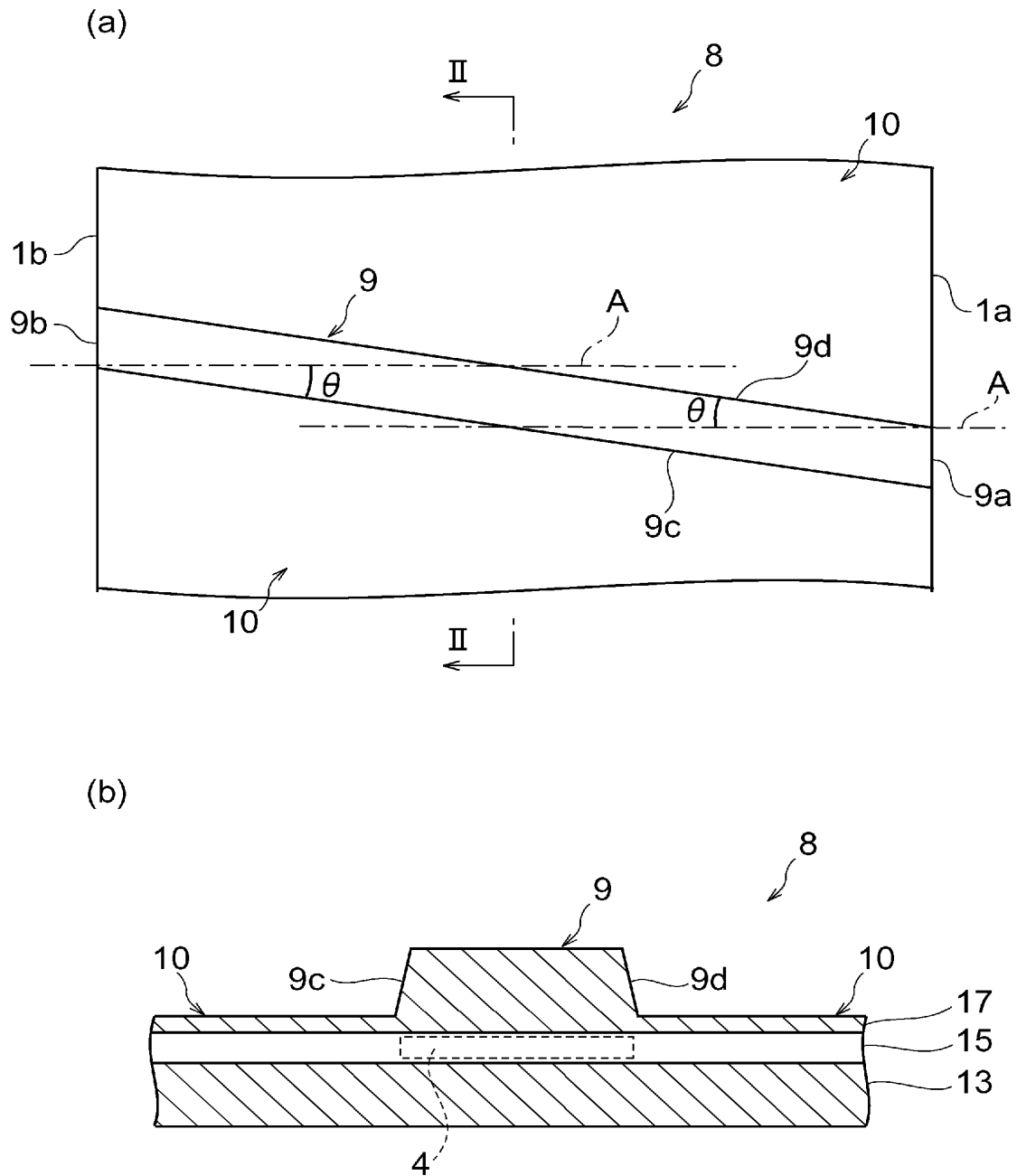
[図3]



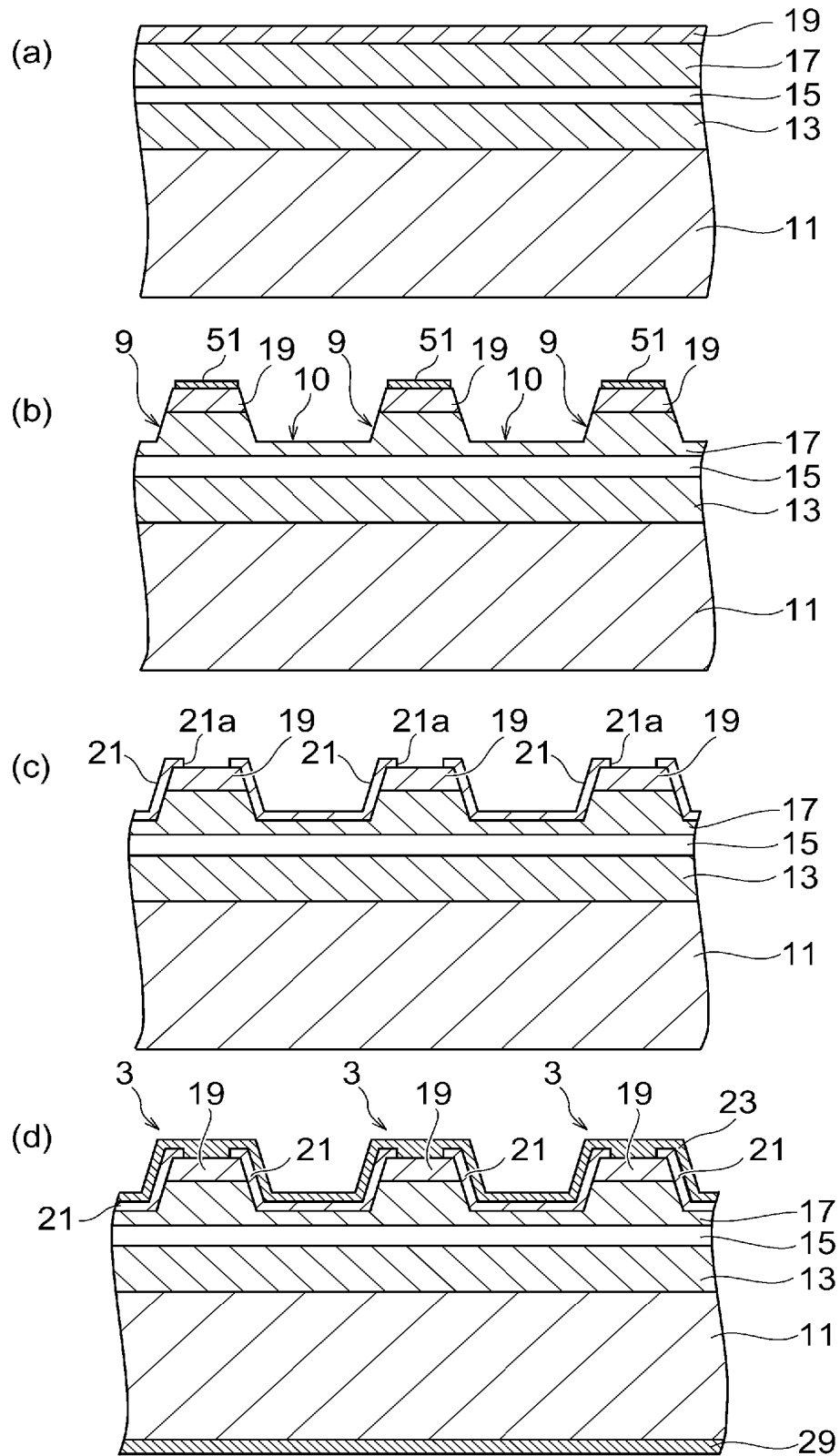
[図4]



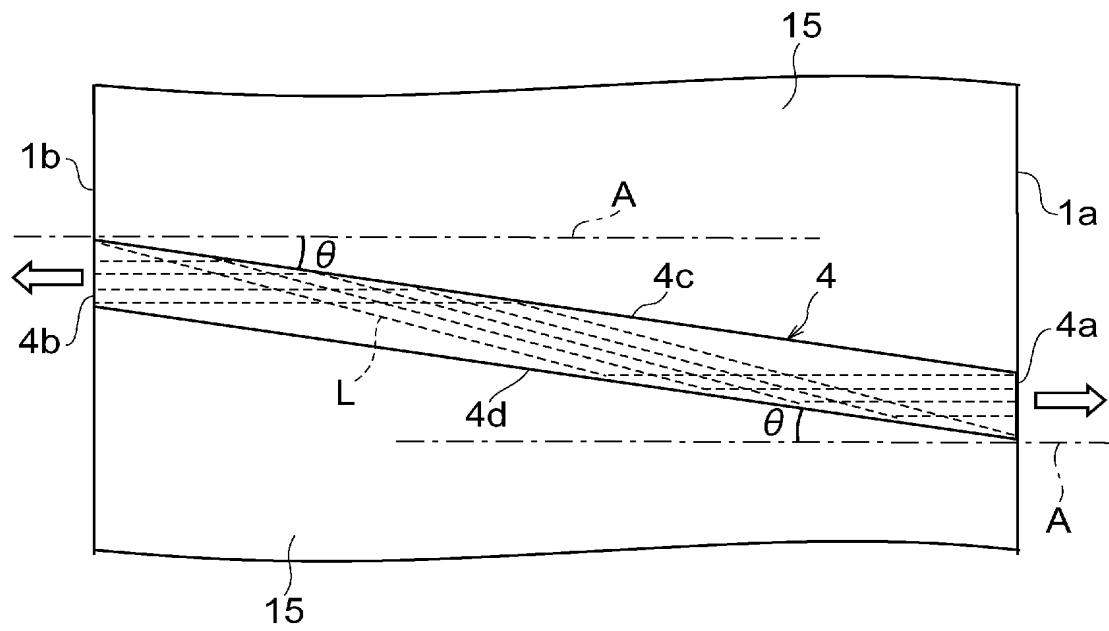
[図5]



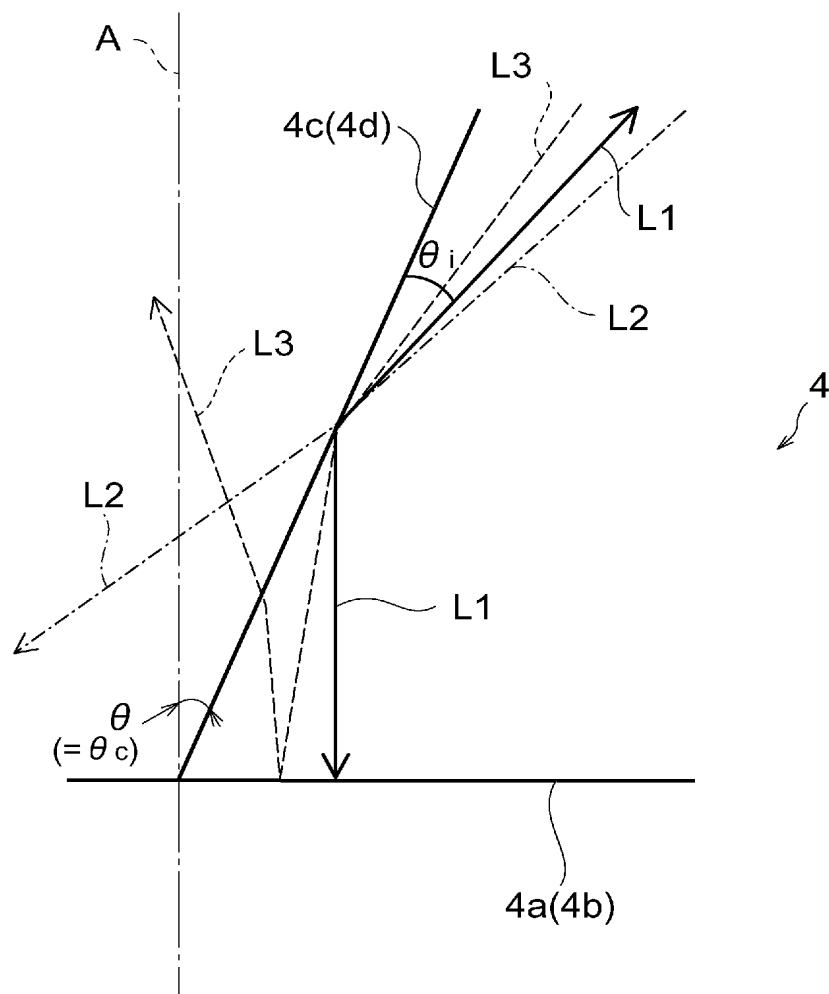
[図6]



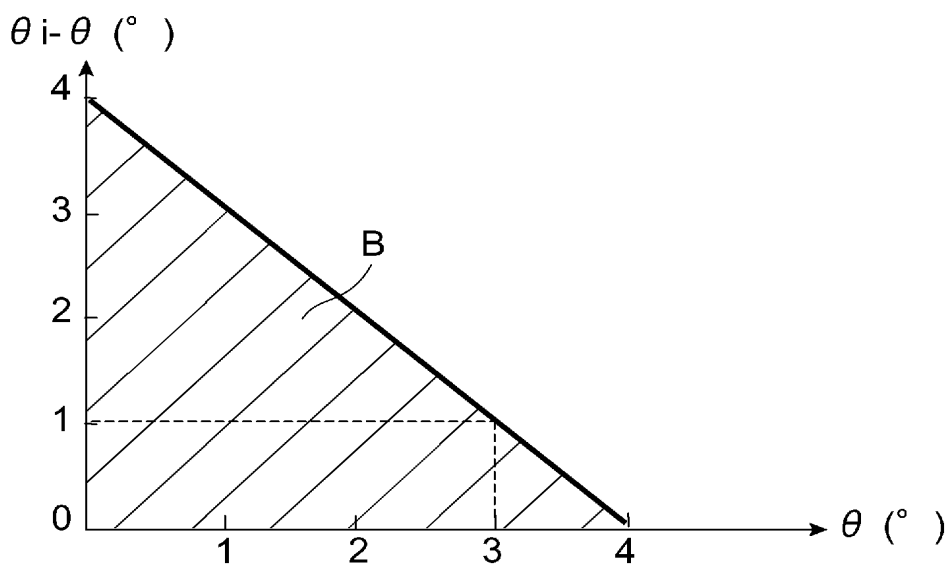
[図7]



[図8]

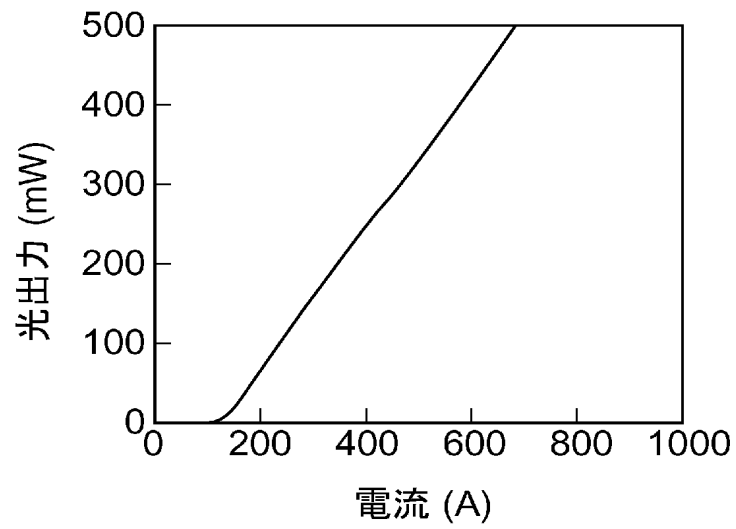


[図9]

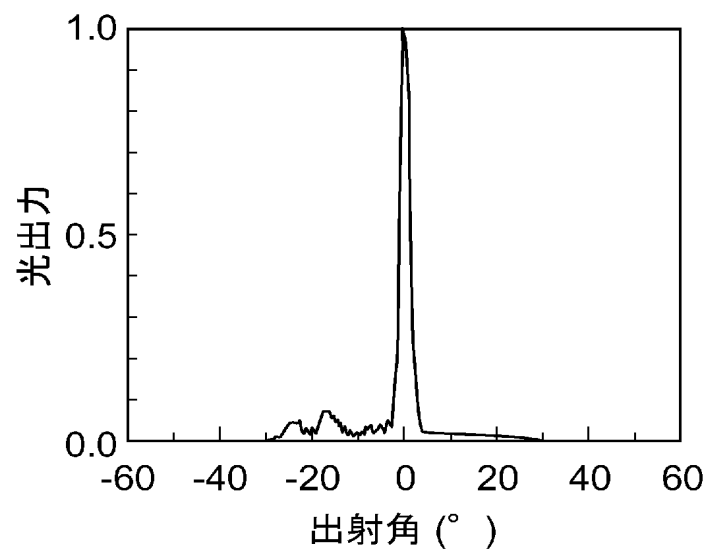


[図10]

(a)

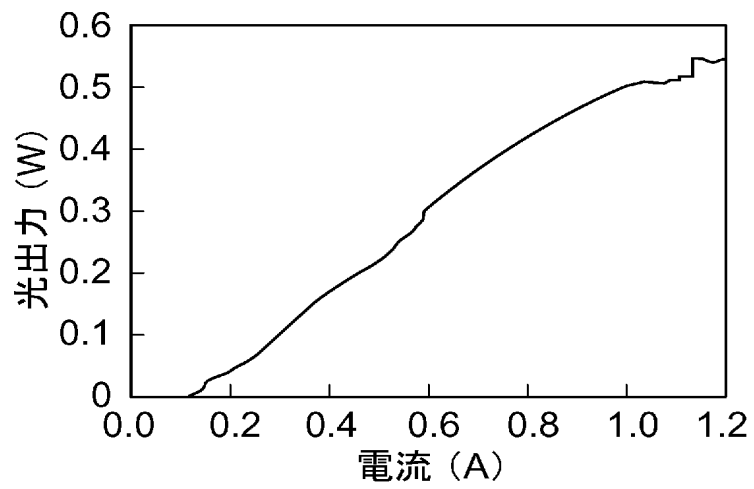


(b)

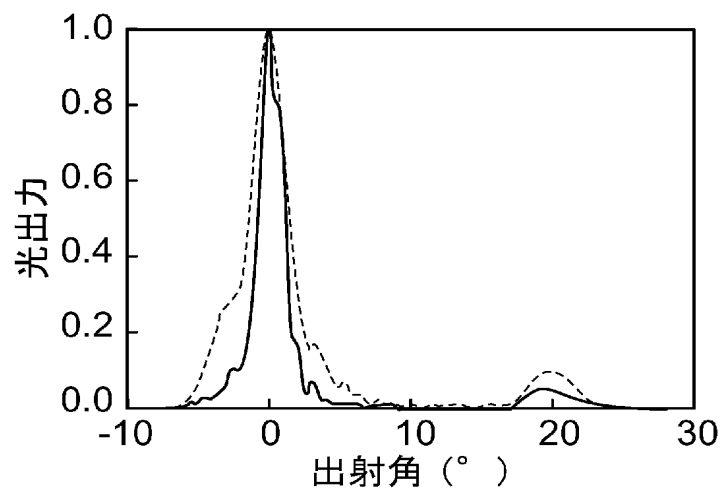


[図11]

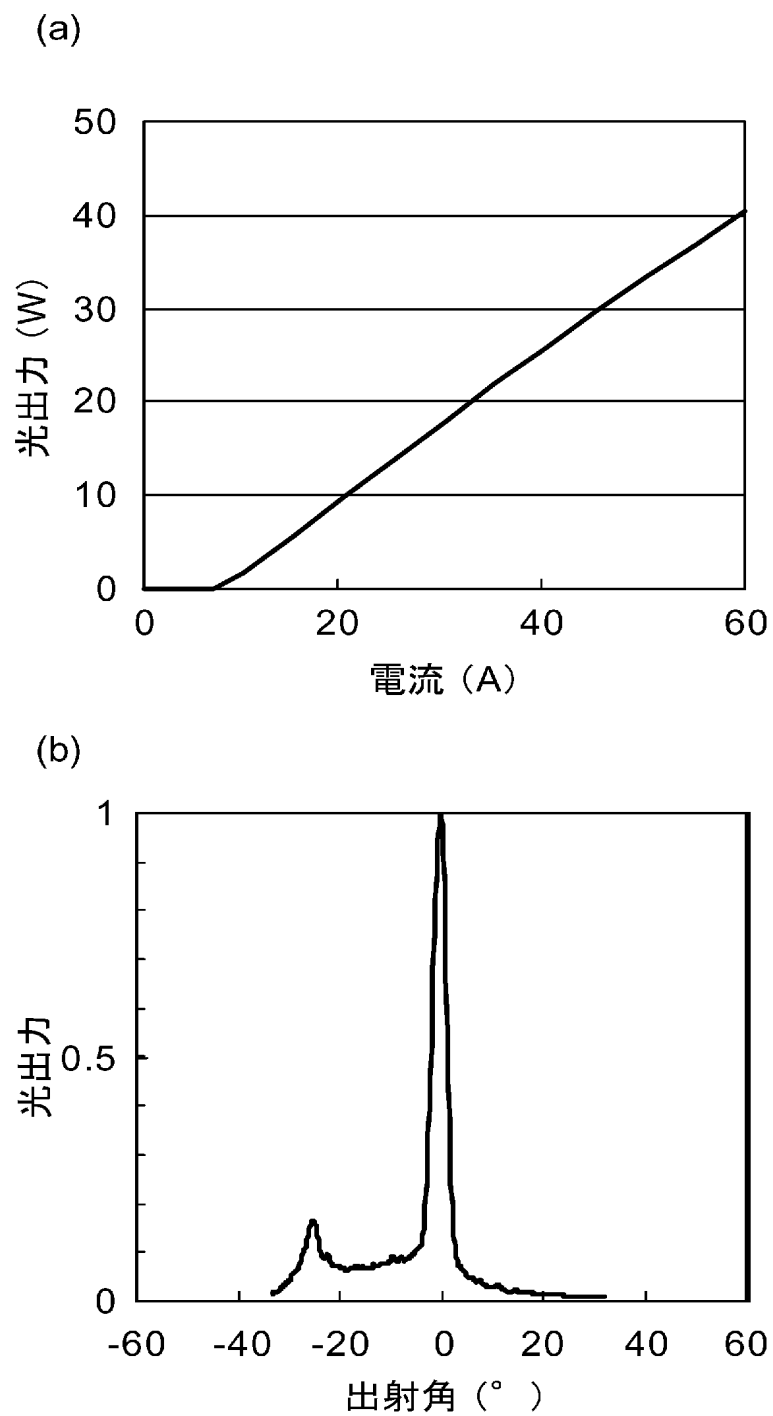
(a)



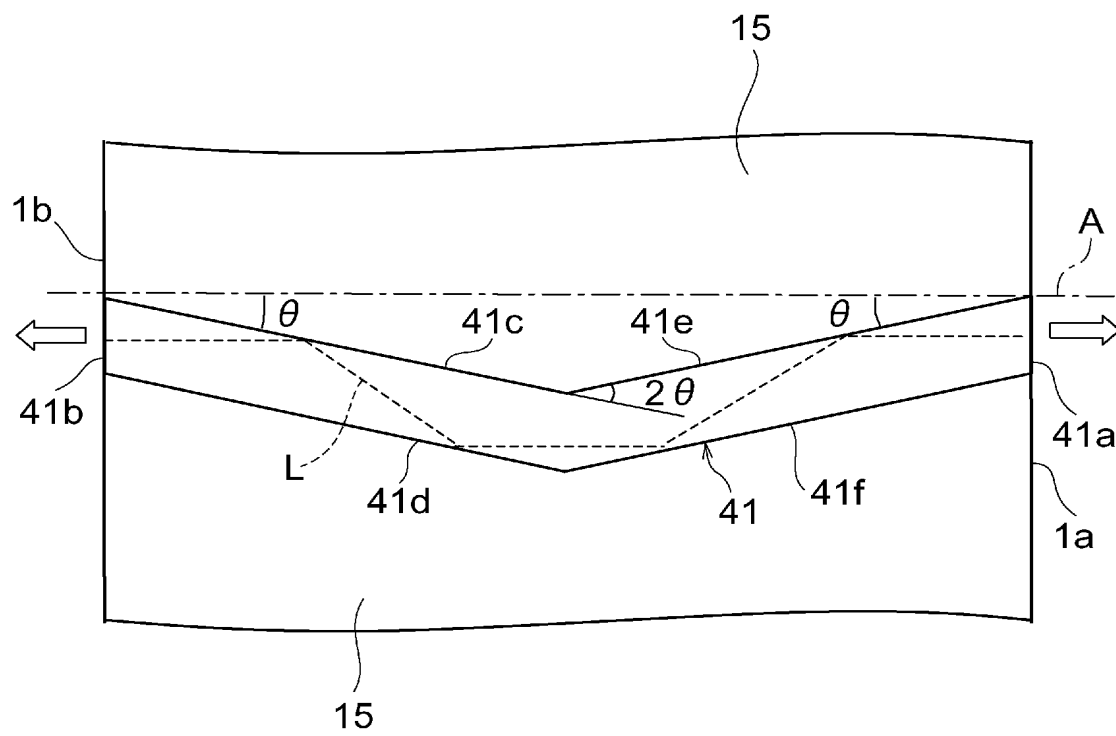
(b)



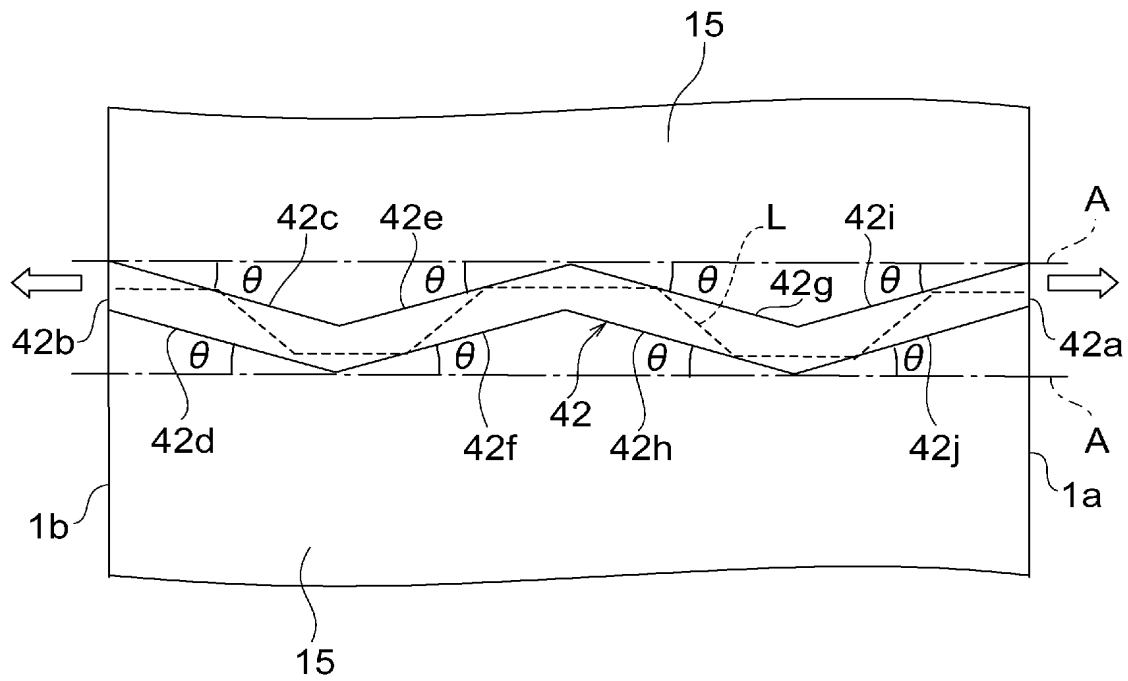
[図12]



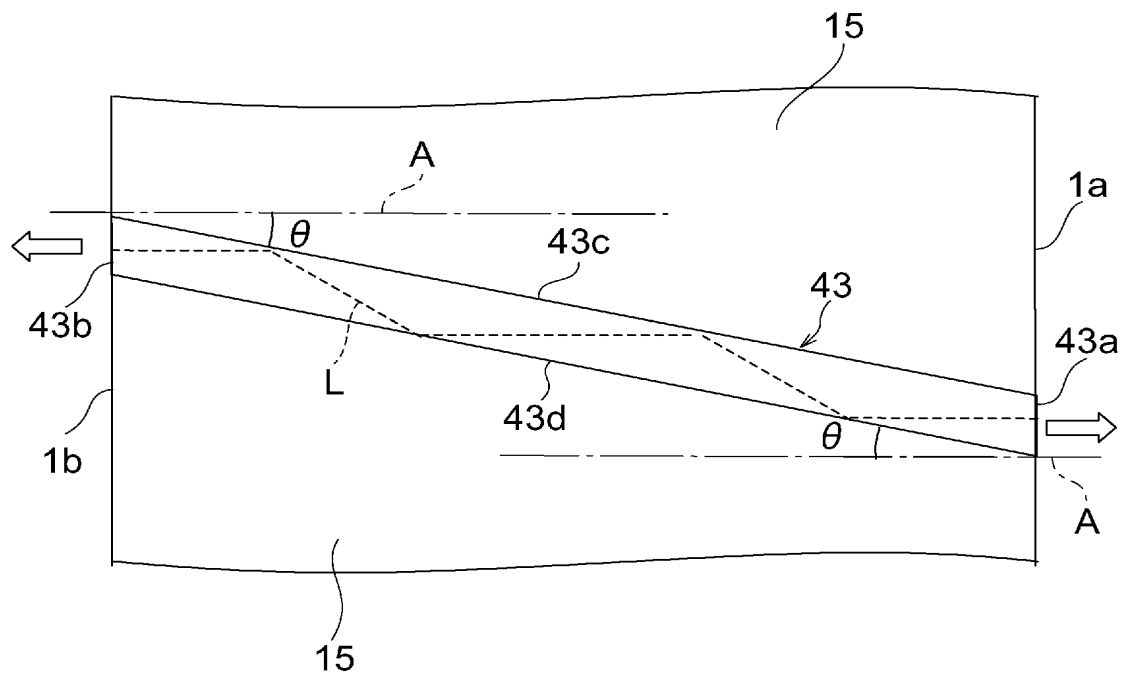
[図13]



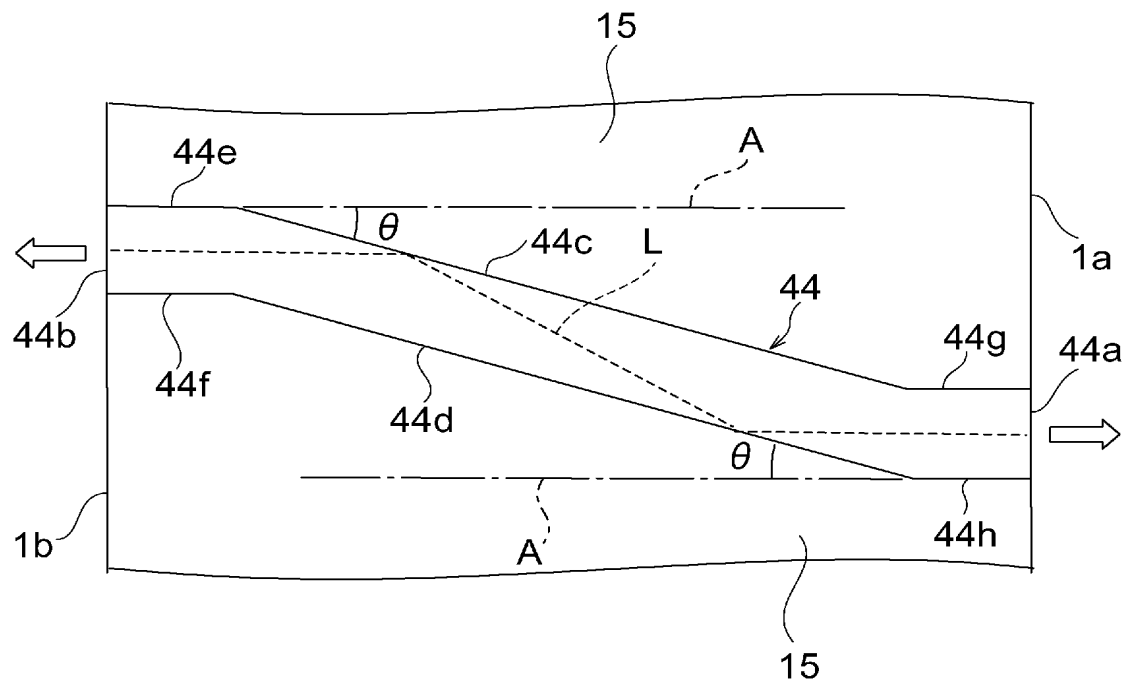
[図14]



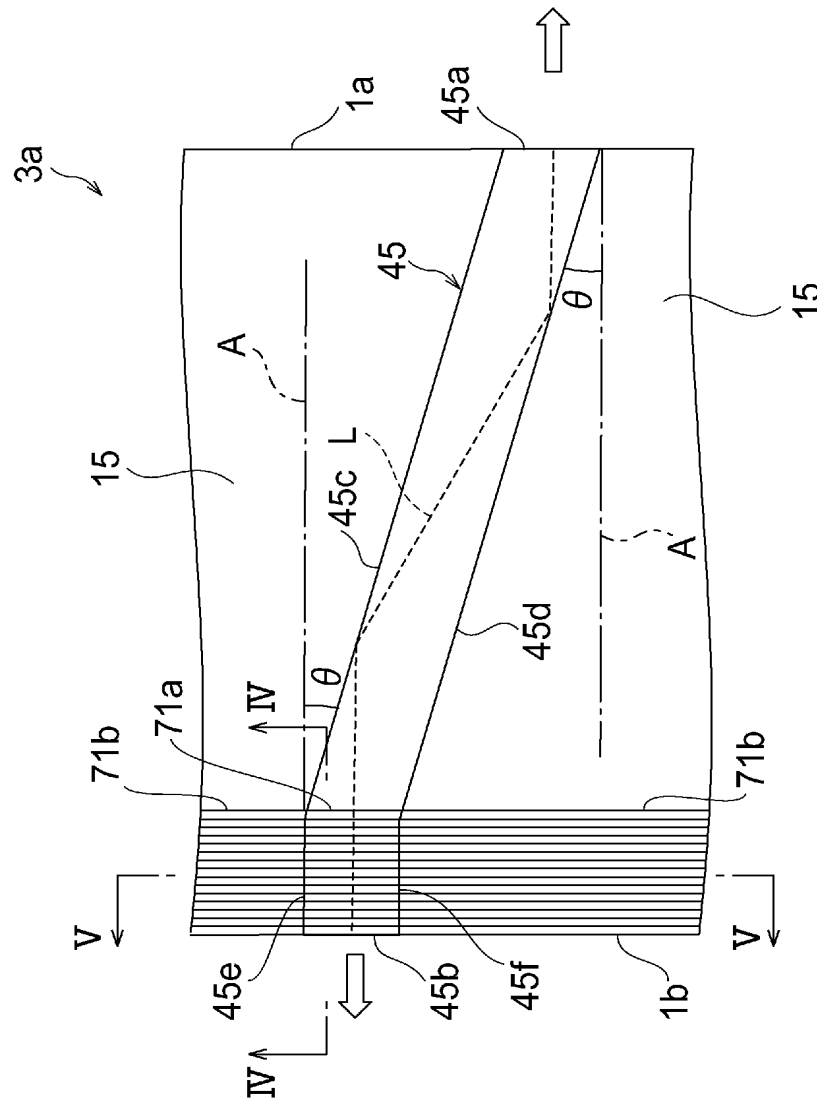
[図15]



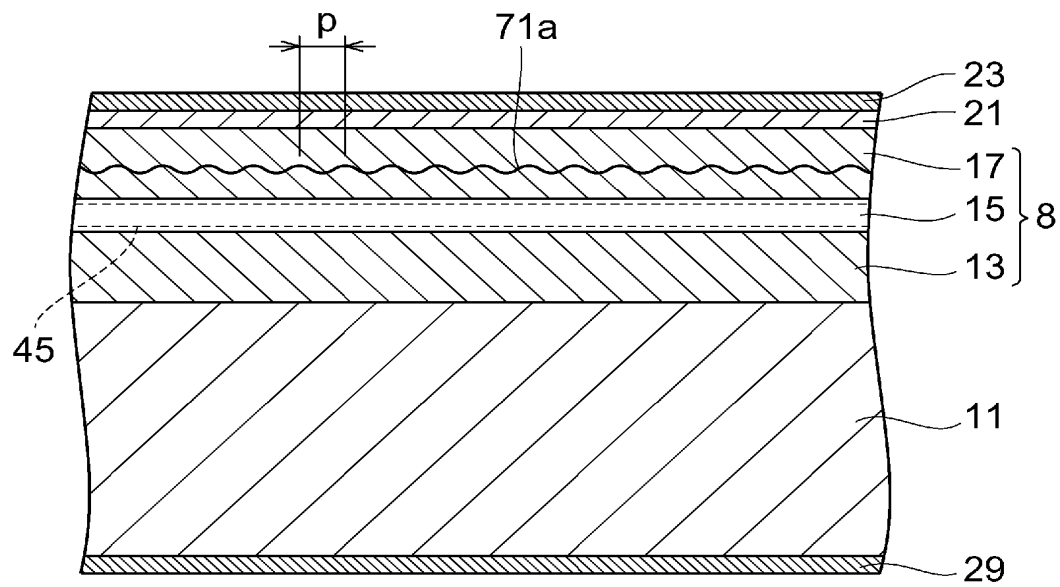
[図16]



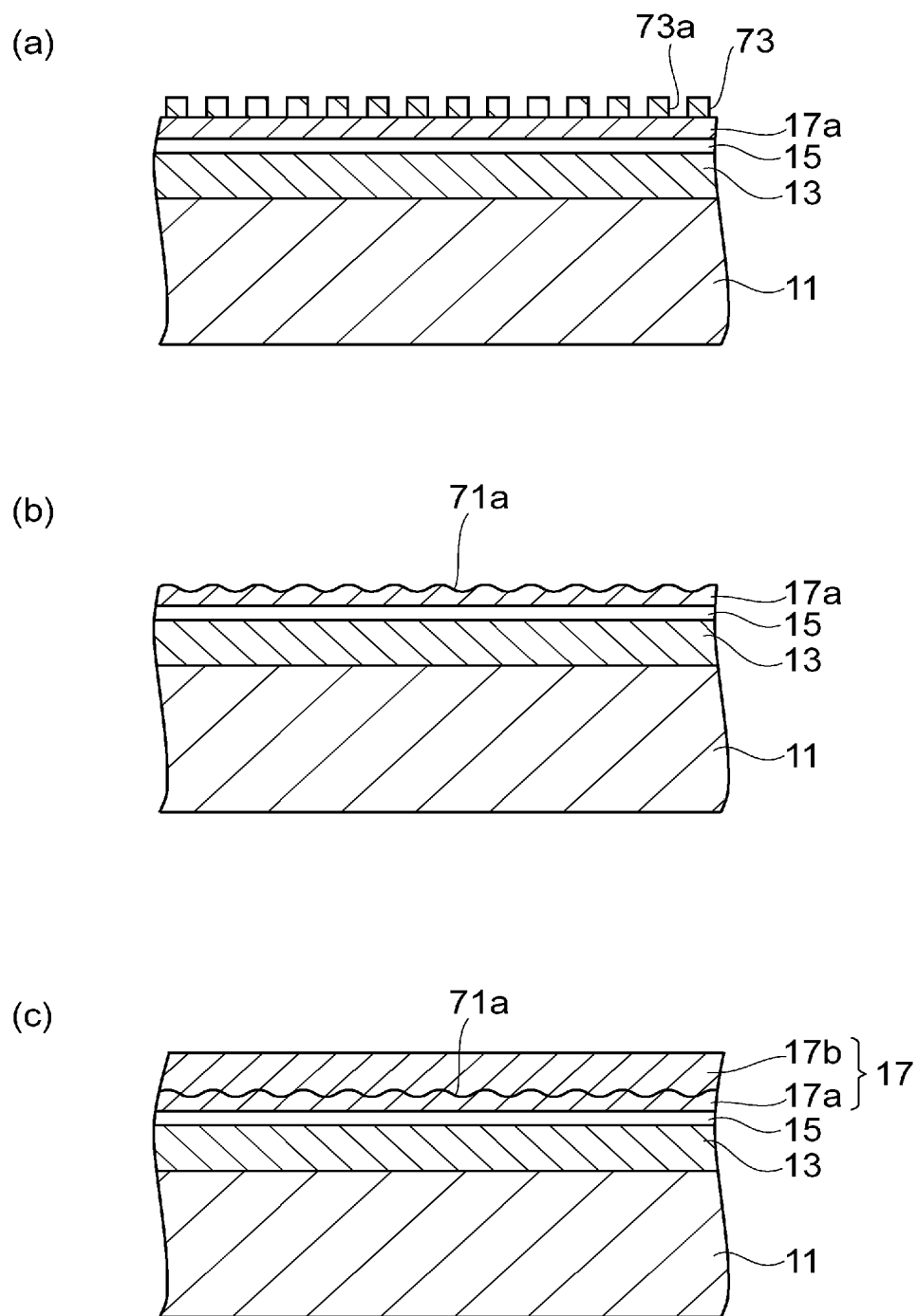
[図17]



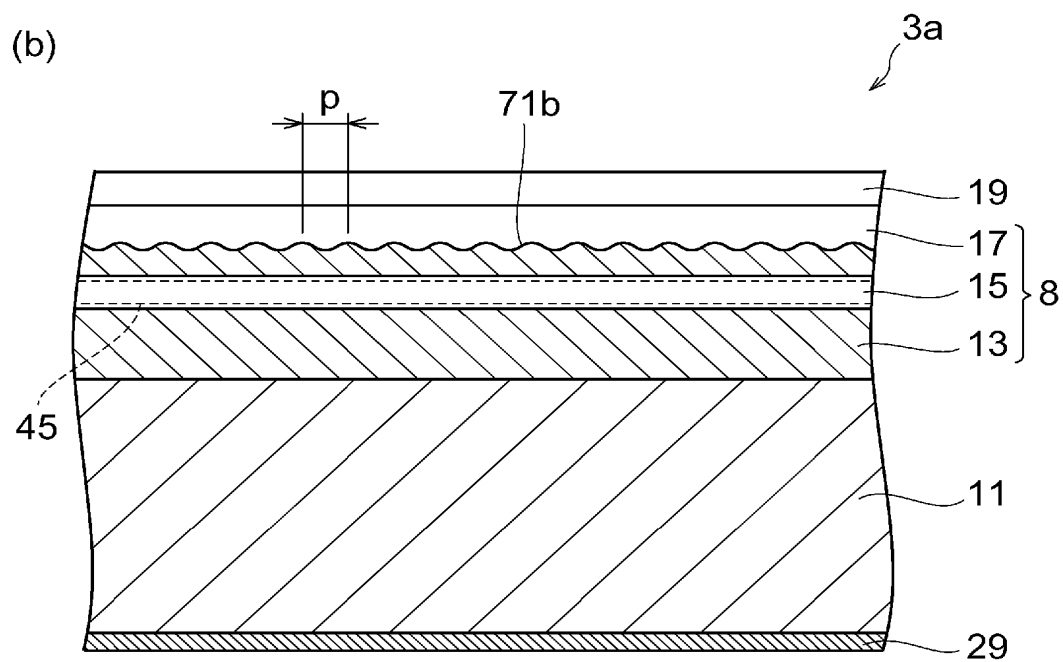
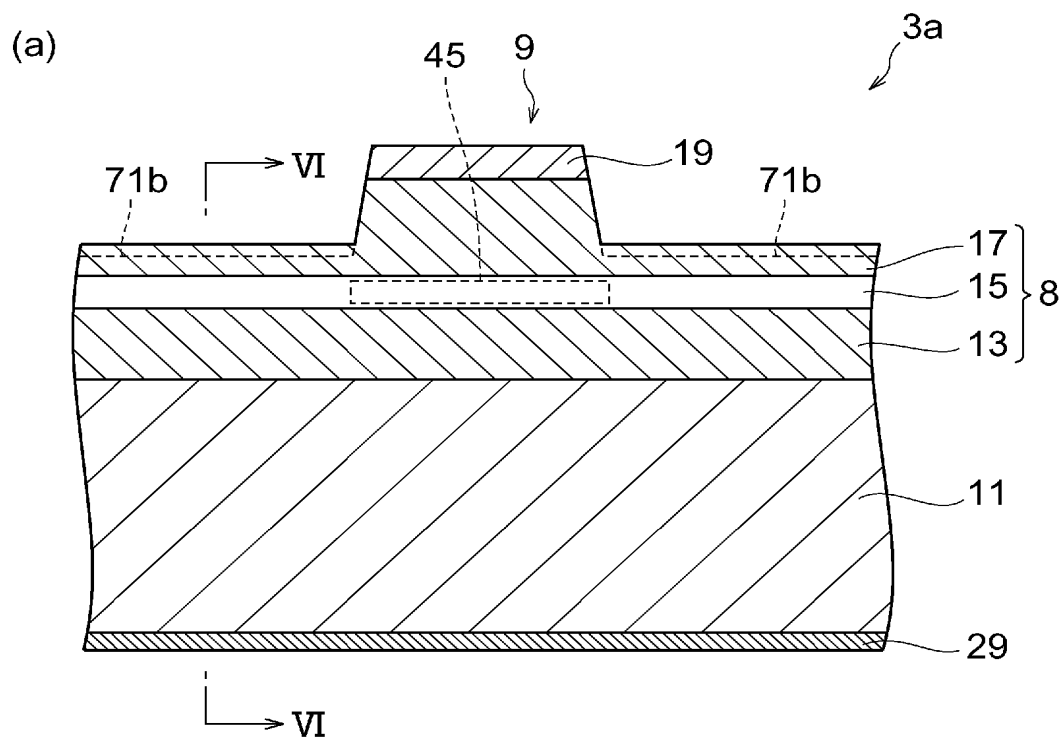
[図18]



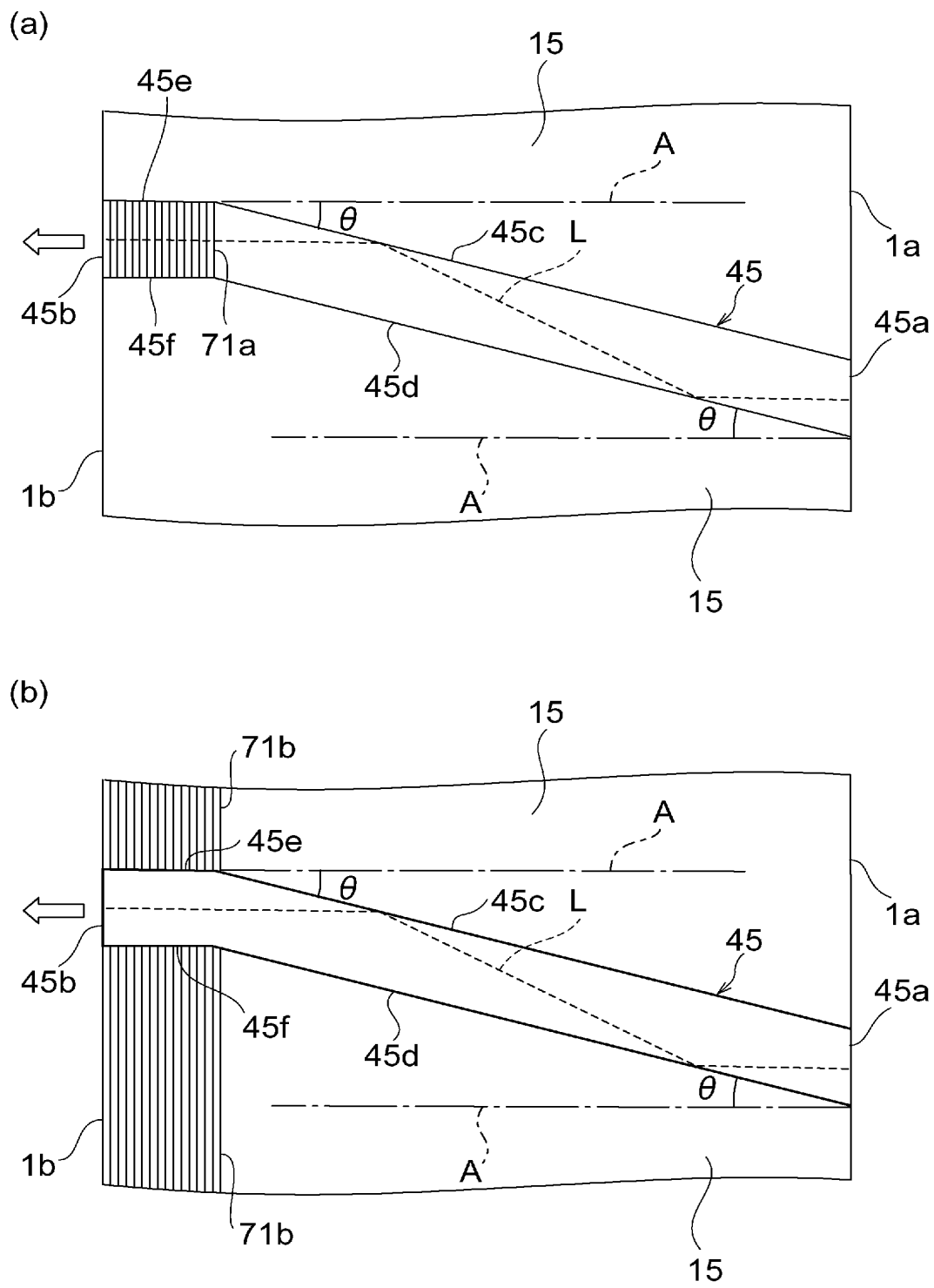
[図19]



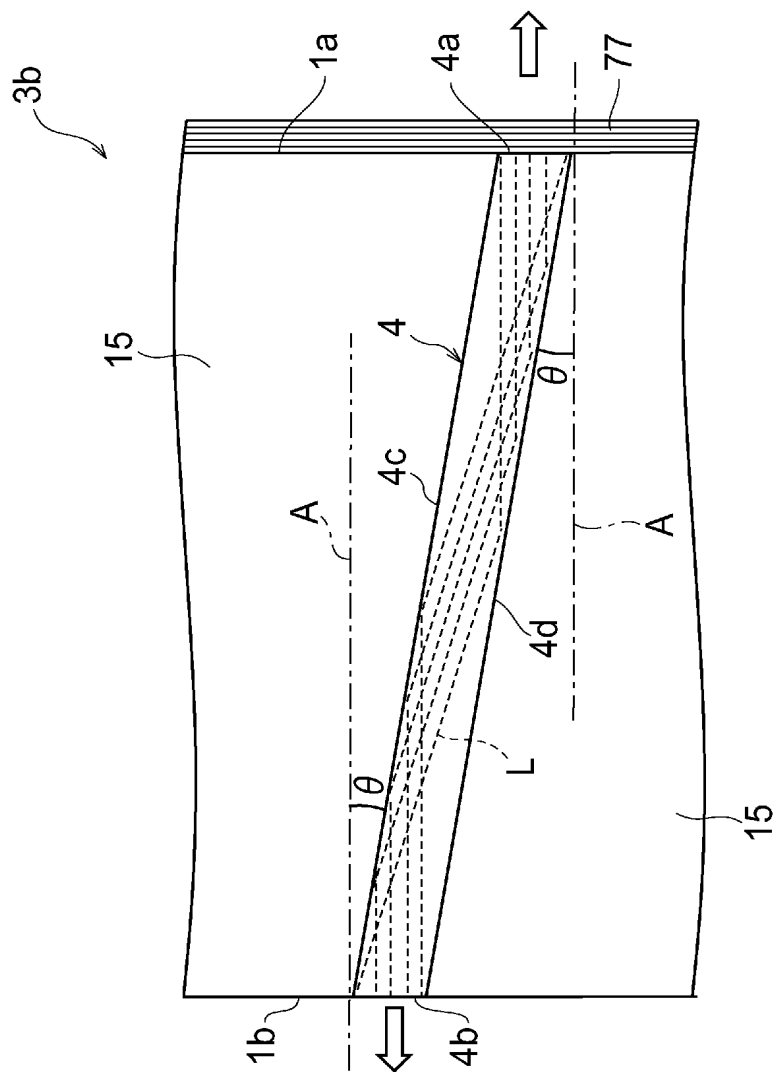
[図20]



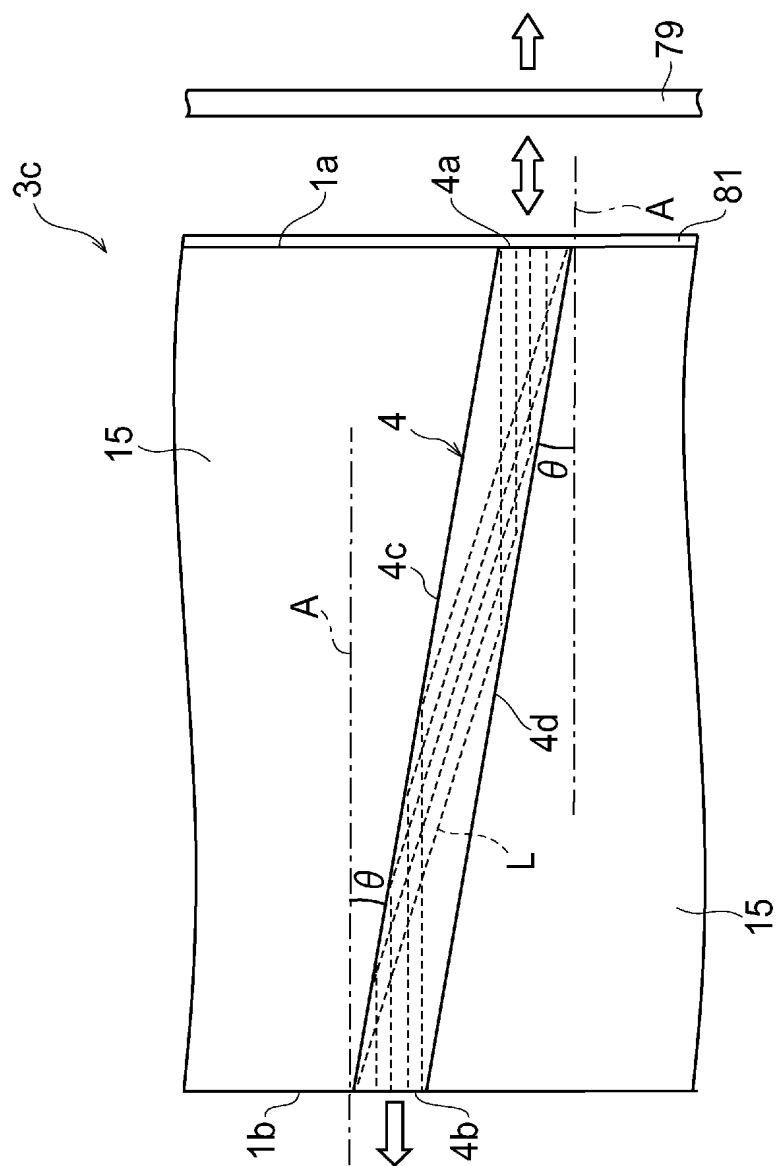
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/003751

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01S5/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01S5/00-5/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST FILE (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 05-167197 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 02 July, 1993 (02.07.93), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1,2,8-12
Y	JP 10-41582 A (Sony Corp.), 13 February, 1998 (13.02.98), Full text; Figs. 1 to 4, 14 to 18 (Family: none)	1-12
Y	JP 10-284805 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 23 October, 1998 (23.10.98), Par. Nos. [0019] to [0022]; Figs. 3, 4 (Family: none)	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 May, 2005 (10.05.05)

Date of mailing of the international search report
24 May, 2005 (24.05.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/003751

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2000/048277 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) , 17 August, 2000 (17.08.00) , Full text; Figs. 1 to 3 & US 6768763 B1 & EP 1151508 A1 & DE 10005359 A1	4 , 6 , 7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ H01S5/22

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ H01S5/00-5/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICST ファイル (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 05-167197 A (浜松ホトニクス株式会社) 1993. 07. 02, 全文、図 1-5 (ファミリーなし)	1, 2, 8-12
Y	JP 10-41582 A (ソニー株式会社) 1998. 02. 13, 全文、図 1-4, 14-18, (ファミリーなし)	1-12
Y	JP 10-284805 A (浜松ホトニクス株式会社) 1998. 10. 23, 段落【0019】-【0022】、図 3, 4 (ファミリーなし)	1-12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 05. 2005

国際調査報告の発送日

24. 5. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

門田 かづよ

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

2K

3412

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 2000/048277 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 2000.08.17, 全文、Fig.1-3 & US 6768763 B1 & EP 1151508 A1 & DE 10005359 A1	4, 6, 7